图解西门子 S7 系列 PLC 应用丛书

西门子 S7－200 PLC 应用实例解说

李长军　刘福祥　王明礼　主编
陈雅华　王　鹏　石珊珊　副主编

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要以西门子 S7 - 200 PLC 为载体，按照基础、实践和工程应用的结构体系，从实际应用的角度出发，精选 57 个应用实例，由浅入深、循序渐进地介绍了 PLC 在不同应用实例中的材料选型、电路原理图设计、梯形图设计、线路安装、调试方法和步骤及注意事项。按照本书的应用范例，读者可以快速掌握 PLC 在实际工作中的应用，有些实例还可以直接移植到工程中使用。

本书深入浅出、图文并茂，具有实用性强、操作性强、理论与实践相结合等特点，适合初、中、高电气技术人员及职业院校的学生阅读。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

西门子 S7 - 200 PLC 应用实例解说 / 李长军，刘福祥，王明礼主编 . —北京：电子工业出版社，2011. 1
(图解西门子 S7 系列 PLC 应用丛书)
ISBN 978 - 7 - 121 - 11972 - 9

Ⅰ. ① 西… Ⅱ. ① 李… ② 刘… ③ 王… Ⅲ. ① 可编程序控制器 Ⅳ. ① TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 198102 号

策划编辑：富 军
责任编辑：谭丽莎
印 刷：北京京师印务有限公司
装 订：北京京师印务有限公司
出版发行：电子工业出版社
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036
开 本：787 × 1092 1/16 印张：16. 75 字数：397 千字
印 次：2011 年 1 月第 1 次印刷
印 数：4 000 册 定价：35. 00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@ phei. com. cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@ phei. com. cn。

服务热线：(010)88258888。

前　言

可编程序控制器(PLC)是以微机技术为核心,将微型计算机技术、自动控制技术及网络通信技术有机地融为一体的新型通用的工业控制装置。它具有控制功能强、可靠性高、环境适应性好、配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点。因此,近年来,它在工业自动控制、机电一体化、改造传统产业等方面得到了广泛应用。学习、掌握和应用 PLC 技术对提高我国工业自动化水平和生产效率具有十分重要的意义。

本书从 PLC 的应用角度出发,贯彻"理论够用、重视实践"的原则,打破从结构、原理到应用的纵向编写模式,力图从学习者的认知角度,采用图文并茂、横纵结合的编写方法,以典型实例为主线,将相关概念和原理等知识贯穿其中,以使读者循序渐进地将理论与实践结合起来。本书以西门子公司的 S7 - 200 系列 PLC 为对象,尽可能深入浅出地讲述 PLC 的基本原理及主要组成;以 PLC 控制实例为主线,在基本操作及其应用的基础上,详尽叙述了 S7 - 200 系列 PLC 及控制对象构成的系统应用实例,并根据不同案例的需要,穿插相关的理论知识,可使读者快速入门,既知道如何使用,又理解为何这样使用,从而达到举一反三、触类旁通的效果。全书的配套插图丰富直观,内容编排由浅入深,文字叙述通俗易懂,应用实例具体生动,具有较强的实用性。

本书分为 3 篇,共 57 个实例。第 1 篇为基础篇,主要介绍 PLC 的基本原理,以及西门子 S7 - 200 系列 PLC 编程软件的使用方法与编程方法。第 2 篇为实践篇,主要介绍 S7 - 200 系列 PLC 在实践中的一些典型实例的应用,并详细介绍了完成工作任务的步骤、方法。第 3 篇为工程篇,主要介绍西门子 S7 - 200 系列 PLC 在工业自动化工程中的应用实例。

本书可作为初、中、高等电气专业技术人员的自学用书,也可供高职院校工业自动化、电气工程及自动化、计算机技术及应用、机电一体化等专业类学生参考。

本书由李长军、刘福祥、王明礼主编,副主编有陈雅华、王鹏、石珊珊,参编有李长城、李兴隆、高明龙、王康为、段慧龙等。

本书编写人员具有多年从事可编程控制器教学与科研的丰富经验,所写内容深入浅出,易读易懂。本书在编写过程中,参考了大量的相关书籍,并应用了其中的一些资料,由于篇幅所限,难以一一列举,在此一并向有关作者表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,加之作者水平有限,书中难免存在错误,恳请读者批评指正。

编　者

目　　录

第 1 篇　基础篇 …… 1

一、认识 PLC …… 1

实例 1　初识 PLC …… 1

实例 2　PLC 的 I/O 接线 …… 6

实例 3　PLC 模拟量模块的使用 …… 9

实例 4　PLC 与计算机的连接和通信 …… 13

实例 5　STEP 7 – Micro/Win 编程软件的安装和使用 …… 17

实例 6　程序的录入与调试 …… 20

二、PLC 的指令应用 …… 23

1. 位操作指令 …… 23

实例 7　启保停控制电动机 …… 23

实例 8　置位与复位控制电动机 …… 26

实例 9　单按钮启停一台电动机 …… 28

2. 定时器和计数器指令 …… 30

实例 10　延时脉冲产生电路 …… 31

实例 11　长定时电路 …… 34

实例 12　延时接通/延时断开电路 …… 35

实例 13　闪烁电路 …… 36

实例 14　计数器控制长延时电路 …… 38

3. 比较操作指令 …… 41

实例 15　用比较指令控制三台电动机的顺序启动与停止 …… 42

4. 程序控制指令 …… 44

实例 16　跳转指令的应用 …… 45

实例 17　循环指令的应用 …… 47

实例 18　手动/自动控制电动机的往返 …… 48

实例 19　子程序的应用 …… 51

5. 数据传送指令 …… 53

实例 20　数据传送指令的应用 …… 53

6. 移位操作指令 …… 55

实例 21　单按钮控制彩灯循环 …… 56

7. 运算指令 …… 59

实例 22　逻辑运算指令的应用 …… 59

实例 23　利用四则运算控制彩灯的闪烁 …… 62

8. 转换指令 …… 66
实例 24　七段数码管的控制 …… 66
实例 25　BCD 码与整数之间的转换 …… 68
9. 特殊指令 …… 72
实例 26　外部输入信号的中断 …… 72
实例 27　利用定时中断控制彩灯循环 …… 76
实例 28　高速计数器指令的应用 …… 78
三、PLC 的顺序控制指令的应用 …… 82
实例 29　运料小车 …… 82
实例 30　自动门控制系统 …… 86
实例 31　三台电动机的顺序启动、停止 …… 91
实例 32　简易机械手的 PLC 控制 …… 95
实例 33　十字路口交通灯 …… 101
实例 34　多种液体混合装置 …… 106
实例 35　机械臂大小球分选系统 …… 111
实例 36　三层电梯的 PLC 控制 …… 118
四、PLC 网络通信技术的应用 …… 135
实例 37　两台 S7 - 200 PLC 的 PPI 通信 …… 135
实例 38　S7 - 200 PLC 指令向导编程的 PPI 通信 …… 141
实例 39　两台 S7 - 200 PLC 的 Modbus 通信 …… 146
实例 40　S7 - 200 PLC 的以太网通信 …… 152
第 2 篇　实践篇 …… 164
实例 41　电动机正反转的 PLC 控制 …… 164
实例 42　行程开关控制的自动延时循环控制电路 …… 167
实例 43　交流异步电动机Y—△降压启动的 PLC 控制 …… 170
实例 44　两台电动机顺序启动、逆序停止的 PLC 控制 …… 173
实例 45　彩灯的控制 …… 176
实例 46　带数码管显示的抢答器的 PLC 控制 …… 179
实例 47　步进驱动器的 PLC 控制 …… 183
实例 48　PLC 控制变频器的正反转 …… 187
实例 49　PLC 和 MM440 变频器联机控制电动机的三段速运转 …… 190
实例 50　基于 PLC 通信控制的变频器开环调速 …… 194
实例 51　基于 PLC 通信控制的变频器闭环定位控制 …… 200
第 3 篇　工程篇 …… 206
实例 52　CA6140 车床的 PLC 控制 …… 206
实例 53　Z3040 摇臂钻床的 PLC 控制 …… 210
实例 54　X62W 万能铣床的 PLC 控制 …… 216

实例 55　波浪式喷泉的 PLC 控制 …… 222
实例 56　恒压供水系统的 PLC 控制 …… 228
实例 57　B2016A 龙门刨床的 PLC 控制 …… 233
附录 A　S7 -200 可编程控制器指令集…… 241
附录 B　S7 -200 特殊寄存器(SM)标志位 …… 246
附录 C　错误代码信息…… 256
参考文献…… 259

第1篇 基 础 篇

一、认识 PLC

1969 年，美国数字设备公司（GEC）首先研制成功第一台可编程控制器，并在通用汽车公司的自动装接线上试用成功，从而开创了工业控制的新局面，给工业自动化控制带来了一场革命。这种新型的工业控制装置以其可靠性高、抗干扰能力强、易学易用、功能完善、通用性强、维护方便、体积小、重量轻、能耗低、系统的设计、建造工作量小、容易改造、使用寿命长等一系列优点，很快在自动控制领域得到广泛的应用，从而成为工业控制三大支柱之一。

下面主要通过德国西门子公司生产的 S7－200 PLC（CPU 224XP）来学习 PLC 的硬件组成、工作原理、内部资源和性能指标等基本知识。如图 1-1 所示为 S7－200 PLC 的外形图。



图 1-1　S7－200 PLC 的外形图

实例 1　初识 PLC



实例控制要求

如图 1-2 所示是德国西门子公司的 S7－200 PLC（CPU 224XP）的主机外形。要求通过本实例的学习认识并充分掌握可编程控制器的基本知识。



基本知识

可编程控制器（PLC）是指以计算机技术为基础的新型工业控制装置。在 1987 年国际电工委员会颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 做了如下定义：“PLC 是一种专门为在工业环境下

应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令，并能通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应该按易于与工业控制系统形成一个整体，易于扩展其功能的原则来设计。”

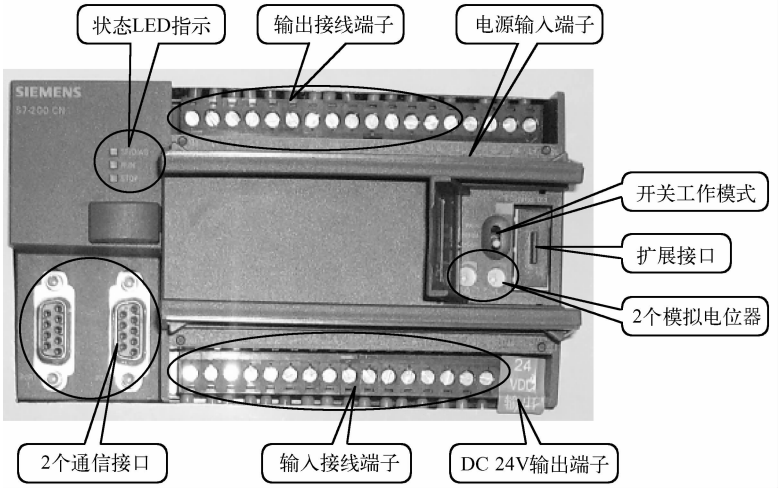


图 1－2　S7－200 PLC（CPU 224XP）的主机外形

可编程控制器（PLC）是继电器控制系统的替代者，它具有可靠性高、抗干扰能力强、体积小、重量轻、能耗低、易于扩展、使用和维护方便等优点，正被越来越广泛地应用到各类生产控制系统中。要想学好、用好 PLC，首先需对 PLC 有个感性认识，了解它的基本知识，然后再真正走向 PLC 的学习之路。

1）S7－200 系列 PLC 的内部资源

（1）S7－200 系列 PLC 的基本数据类型

在 S7－200 系列 PLC 的编程语言中，大多数指令数据有不同的数据类型，而不同的数据类型有不同的数值和格式以供选择。在程序中可指定一种数据类型，但需要确定数据类型的数据大小和数据位结构。如表 1－1 所示是 S7－200 系列 PLC 的基本数据类型和范围。

表 1－1　S7－200 系列 PLC 的基本数据类型和范围

基本数据类型	位　数	数据范围（十进制）	数据范围（十六进制）
布尔型 BOOL	1	0、1	0、1
字节型 BYTE	8	0～255（无符号整数） －128～127（有符号整数）	0～FF（无符号整数） 80～7F（有符号整数）
字型 WORD	16	0～65 535	0～FFFF
双字型 DWORD	32	0～4 294 967 295	0～FFFFFFFF
整型 INT	16	－32 768～＋32 767	8 000～7FFF
双整型 DINT	32	-2^{31}～$2^{31}-1$	80 000 000～7FFFFFFF
实数型 REAL	32	IEEE 浮点数	
字符串型	8	ASCII	

（2）编程元件

可编程控制器在其系统软件的管理下，将用户程序存储器（即装载存储区）划分出若干个区，并赋予这些区不同的功能。它们分别叫做输入继电器、输出继电器、变量寄存器、辅助继电器、特殊继电器、定时器、计数器、状态（顺序控制）继电器等。

说明：在 PLC 内部，并不真正存在这些实际的物理器件，与其对应的只是存储器中的某些存储单元。

① 输入继电器 I。输入继电器就是 PLC 存储系统中的输入映像寄存器。通过输入继电器可以给 PLC 的存储系统与外部输入端子建立明确的关系，且一般应按“字节．位”的编址方式来读取一个继电器的状态。S7－200 PLC（CPU 224XP）提供了 128 个输入映像寄存器，其编址范围为 I0.0～I15.7。

② 输出继电器 Q。输出继电器就是 PLC 存储系统中的输出映像寄存器。通过输出继电器可以给 PLC 的存储系统与外部输出端子建立明确的关系，且一般应按“字节．位”的编址方式来读取一个继电器的状态。S7－200 PLC（CPU 224XP）提供了 128 个输出映像寄存器，其编址范围为 Q0.0～Q15.7。

③ 变量寄存器 V。S7－200 PLC 中有大量的变量寄存器，用于模拟量的控制、数据的运算、参数的设置、程序执行过程中控制逻辑操作的中间结果的存放。其数量与 CPU 型号有关。在 CPU 222 中，其编址范围为 V0.0～V2047.7，在 CPU 224 中为 V0.0～V5119.7，在 CPU 226 中为 V0.0～V5119.7。

④ 辅助继电器 M。辅助继电器的功能与传统的继电器控制线路中的中间继电器相同。借助于辅助继电器的编程，可在输入与输出之间建立复杂的逻辑关系和联锁关系，以满足不同的控制要求。在 S7－200 PLC（CPU 224XP）中，辅助继电器 M 的个数为 256 个，编址范围为 M0.0～M31.7。

⑤ 特殊继电器 SM。特殊继电器用来存储系统的状态变量及有关的控制参数和信息。用户可以通过特殊继电器向 PLC 反映对操作的特殊要求，以及沟通 PLC 与被控对象之间的信息。PLC 通过特殊继电器向用户提供一些特殊的控制功能和系统信息。在 S7－200 PLC（CPU 224XP）中提供了 2400 个特殊继电器，为 SM0.0～SM299.7。它们分为只读型和读写型两类，其中只读型的 30 个特殊继电器为 SM0.0～SM29.7。举例说明如下。

SM0.0：运行监控。当 PLC 处在运行状态时，SM0.0 总为 ON。

SM0.1：初始脉冲。当 PLC 由 STOP 转为 RUN 时，接通（ON）一个扫描周期。

SM0.3：当 PLC 上电进入运行状态时，接通（ON）一个扫描周期。

SM0.4：分时钟脉冲，即占空比为 50%，周期为 1min 的脉冲串。

SM0.5：秒时钟脉冲，即占空比为 50%，周期为 1s 的脉冲串。

SM0.6：扫描时钟，一个周期为 ON，下一个周期为 OFF，交替循环。

SMB28 和 SMB29：分别对应模拟电位器 0 和 1 的当前值，数值范围为 0～255。

⑥ 定时器 T。定时器是 PLC 的重要的编程元件，它的作用与继电器控制电路中的时间继电器基本相似，用来实现按照时间原则进行控制的目的。定时器的设定值是通过程序预先输入的。当满足定时器的工作条件时，定时器开始定时，当前值从 0 开始增加；当当前值达到设定值后，定时器动作，其动合触点和动断触点动作。

S7－200 PLC（CPU 224XP）中的定时器数量为 256 个，其范围为 T0～T255。它分为 3

种类型：接通延时定时器 TON、断开延时定时器 TOF 及保持型接通延时定时器 TONR。如表 1-2所示为定时器的精度及编号。

表 1-2 定时器的精度及编号

定时器类型	定时精度（ms）	最大当前值（s）	定时器编号
TON TOF	1	32.767	T32，T96
	10	327.67	T33～T36，T97～T100
	100	3 276.7	T37～T63，T101～T255
TONR	1	32.767	T0，T64
	10	327.67	T1～T4，T65～T68
	100	3 276.7	T5～T31，T69～T95

⑦ 计数器 C。计数器的作用是对编程元件状态脉冲的上升进行积累计数，从而实现计数操作。当条件满足时，计数器开始计数。等到当前值达到设定值后，计数器的动合触点和动断触点动作，实现计数操作。

S7－200 PLC（CPU 224XP）中的计数器数量为 256 个，其范围为 C0～C255。它分为 3 种类型，即递增计数、递减计数和增/减计数。

⑧ 状态（顺序控制）继电器 S。状态继电器是使用步进控制指令编程时的重要编程元件。在 S7－200 PLC（CPU 224XP）中提供了 256 个状态继电器，其范围为 S0.0～S31.7。

2）S7－200 系列 PLC 的性能指标

S7－200 系列 PLC 的主机型号和规格较多，可以适应不同的需求场合，目前该系列中主流的主机模块有 CPU 221，CPU 222，CPU 224/CPU 224XP，CPU 226 等。该系列的主要性能指标如表 1-3 所示。

表 1-3 S7－200 系列 PLC 的主要性能指标

特　性	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226
外形尺寸（mm）	90×80×62	90×80×62	120.5×80×62	140×80×62	190×80×62
程序存储器： 可在运行模式下编辑 不可在运行模式下编辑	 4 096 字节 4 096 字节	 4 096 字节 4 096 字节	 8 192 字节 12 288 字节	 12 288 字节 16 384 字节	 16 384 字节 24 576 字节
数据存储区	2 048 字节	2 048 字节	8 192 字节	10 240 字节	10 240 字节
掉电保持时间（h）	50	50	100	100	100
本机 I/O 数字量 模拟量	 6 入/4 出 —	 8 入/6 出 —	 14 入/10 出 —	 14 入/10 出 2 入/1 出	 24 入/16 出 —
扩展模块数量	0 个模块	2 个模块[1]	7 个模块[1]	7 个模块[1]	7 个模块[1]
高速计数器 单相 双相	 4 路 30kHz 2 路 20kHz	 4 路 30kHz 2 路 20kHz	 6 路 30kHz 4 路 20kHz	 4 路 30kHz 2 路 200kHz 3 路 20kHz 1 路 100kHz	 6 路 30kHz 4 路 20kHz

续表

特　　性	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226
脉冲输出（DC）	2 路 20kHz	2 路 20kHz	2 路 20kHz	2 路 100kHz	2 路 20kHz
模拟电位器	1	1	2	2	2
实时时钟	配时钟卡	配时钟卡	内置	内置	内置
通信接口	1 RS－485	1 RS－485	1 RS－485	2 RS－485	2 RS－485
浮点数运算	有				
I/O 映像区	256（128 入/128 出）				
布尔指令执行速度	0.22μs/指令				

注：1 表示在配置模块时，必须先算出电源的输出功率，从而确定 S7－200 CPU 能为配置的模块提供多少功率。如果超出 CPU 电源的预算值，就不能把模块全部连接上。

实例解决方案

S7 系列 PLC 又分为 S7－400、S7－300 和 S7－200 等大、中、小型 PLC 及微型 PLC。S7－200 系列 PLC 主要由主机（基本单元）、I/O 扩展单元、功能单元（模块）和外部设备（文本/图形显示器、编程器）等组成。如图 1-2 所示是 S7－200（CPU 224XP）PLC 的主机外形图，其主要组成部分及作用说明如下。

（1）通信接口

两个 RS－485 通信/编程口，用于 S7－200 可编程控制器与个人计算机或手持编程器的通信连接。

（2）开关工作模式

S7－200 系统 PLC（CPU 224XP）用三挡开关来选择 RUN、TERM、STOP 三个工作状态。当开关拨到 RUN 时，CPU 运行；当开关拨到 STOP 时，CPU 停止；当开关拨到 TERM 时，允许使用编程软件 STEP7－Micro/Win32 来控制 CPU 的工作方式。其工作状态用 LED 灯显示，当 STOP 指示灯亮时，表示停止状态；当 RUN 指示灯亮时，表示运行状态；当 SF/DIAG 指示灯亮时，表示系统有故障。

（3）输入/输出端子

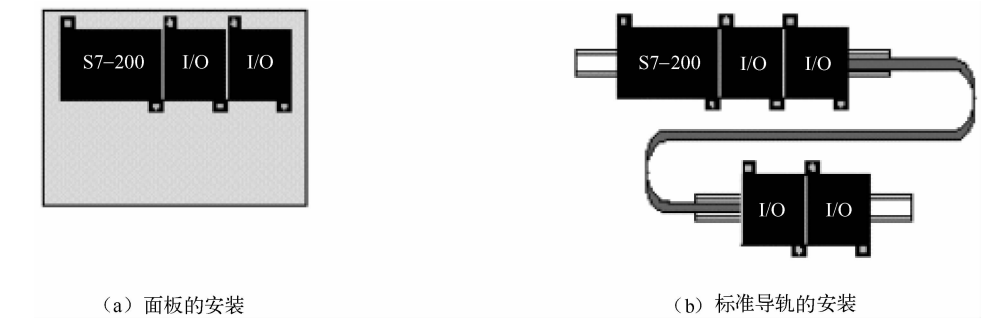
输入/输出端子通过具体的输入/输出接口电路在 PLC 与被控对象之间传递输入和输出信号。

（4）模拟电位器

S7－200 可编程控制器有两个模拟电位器 0 和 1。通过调整模拟电位器，可将 0～255 之间的数值分别存入特殊寄存器 SMB28 和 SMB29 中，从而随时改变某些定时器/计数器的设定值或某些过程控制参数，并且不占用 PLC 的输入点。

（5）扩展接口

S7－200 系列 CPU 提供有固定数量的 I/O 点。在主机 I/O 点数不够的情况下，可以通过该接口进行扩展，如图 1-3 所示。



（a）面板的安装　　（b）标准导轨的安装

图 1-3　S7－200 系列 PLC 及其扩展模块的连接

实例 2　PLC 的 I/O 接线

实例控制要求

如图 1-4 所示是 S7－200 PLC（CPU 224/DC/DC/DC）的 I/O 接线图。通过本实例的学习，要求能对 PLC 进行正确的接线。

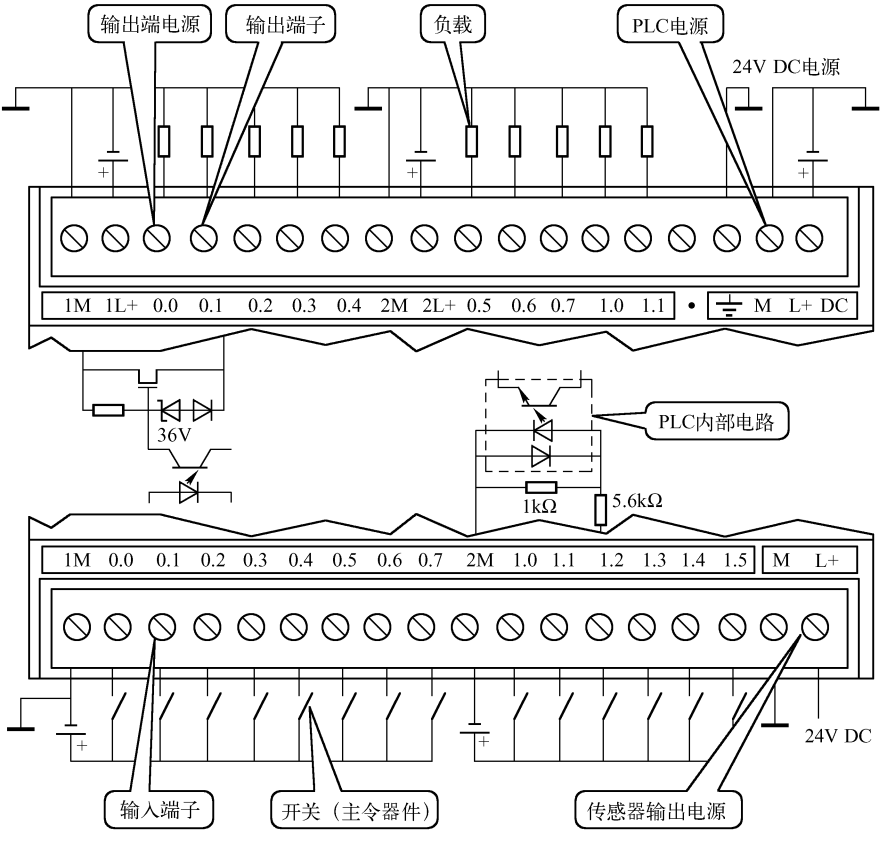


图 1-4　S7－200 PLC（CPU 224/DC/DC/DC）的 I/O 接线图

基本知识

1）PLC 的工作原理

PLC 采用的是循环扫描工作方式。这个工作过程一般包括五个阶段：内部处理、与编程器等的通信处理、输入扫描、执行用户程序、输出处理，如图 1-5 所示。称 PLC 执行的五个阶段为一个扫描周期。当 PLC 完成一个周期后，又重新执行上述过程，从而使扫描周而复始地进行。在图 1-5 中，当 PLC 方式开关置于 RUN（运行）时，执行所有阶段；当方式开关置于 STOP（停止）时，不执行后 3 个阶段，此时可进行通信处理，如对 PLC 联机或离线编程。可编程控制器的输入处理、执行用户程序和输出处理过程的原理如图 1-6 所示。

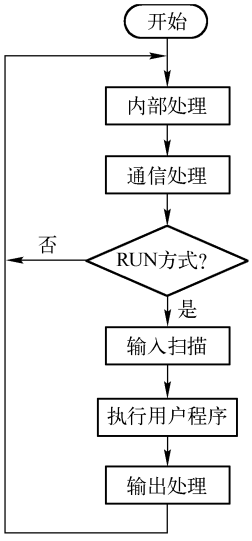


图 1-5　工作原理图

由于是循环扫描机制，故可编程控制器在 I/O 处理方面需遵守以下几点。

① 输入映像寄存器的数据取决于各个输入端子在上一个刷新时间的状态。

② 输出映像寄存器的数据由输出指令决定。

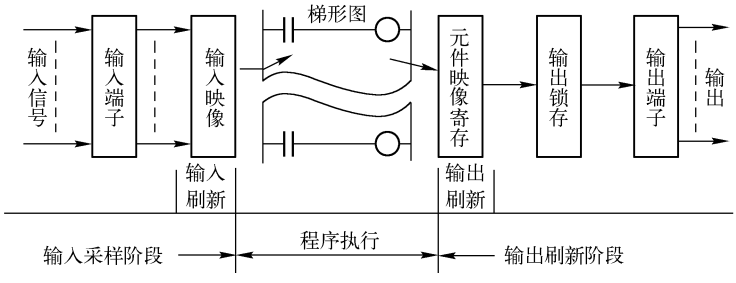


图 1-6　程序执行原理图

③ 输出锁存寄存器的数据由上一个刷新时间输出映像寄存器的数据确定。

④ 输出端子板上的输出端的状态由输出锁存寄存器确定。

⑤ 程序如何执行取决于 I/O 映像寄存器。

2）输入/输出接口电路

输入/输出接口电路是 PLC 与被控对象之间传递输入和输出信号的接口部件。

（1）输入接口

在 S7 -200 PLC（CPU 224XP）中，主机配置的输入接口为 14 点，均为数字量直流输入方式。其工作电压为 DC 24V，采用了双向光电耦合器电路，如图 1-7 所示。如果是模拟量输入信号，则需要配置模拟量输入模块。

（2）输出接口

可编程控制器的输出形式有继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出三种。S7 -200 PLC

（CPU 224XP）主机配置的输出接口为 10 点，通常有晶体管输出和继电器输出两种类型，如图 1-8 所示。前者用于控制或驱动直流负载，响应速度快；后者主要用于控制或驱动交流/直流负载，响应速度慢。

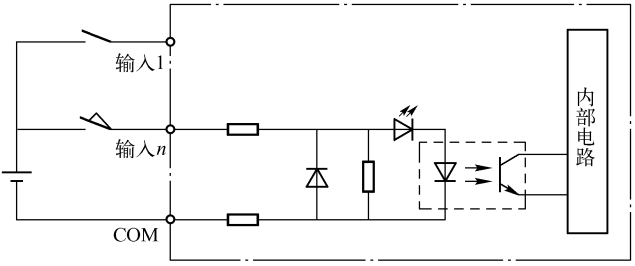
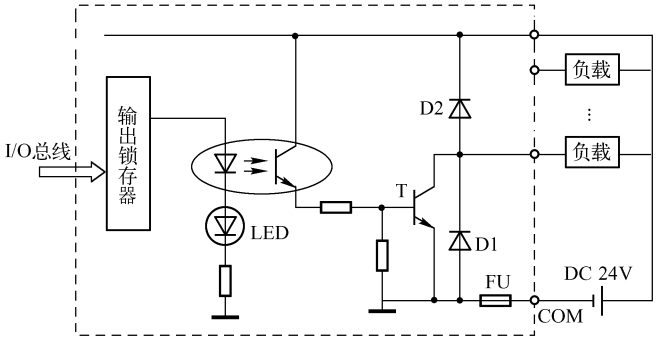
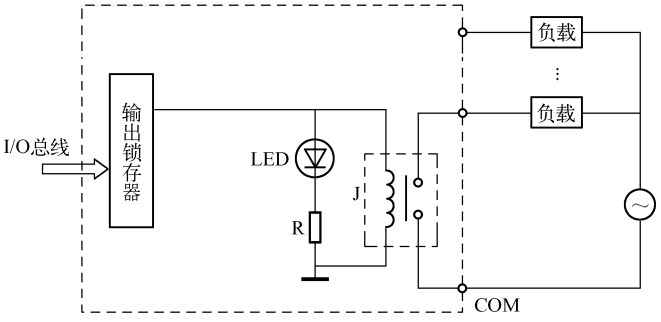


图 1-7　S7－200 的输入接口



（a）晶体管输出



（b）继电器输出

图 1-8　S7－200 的输出形式



实例解决方案

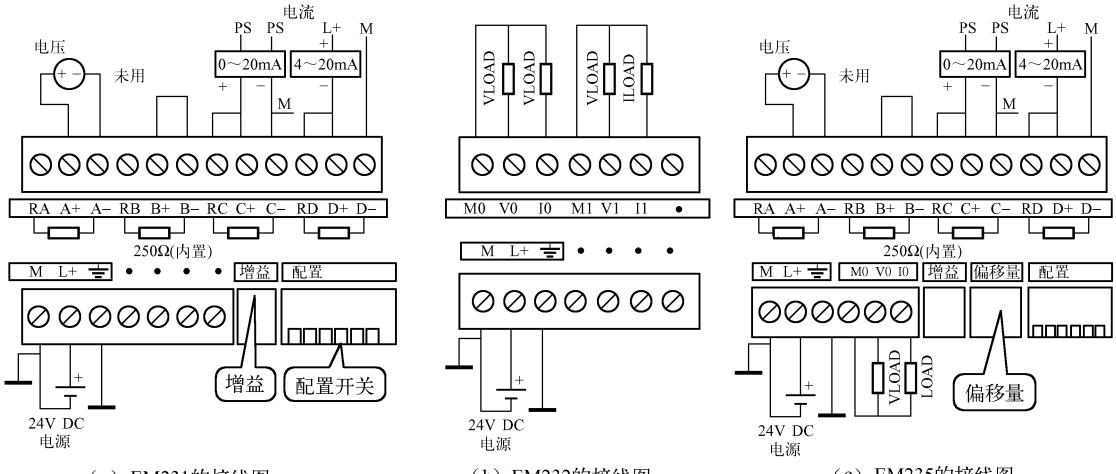
在如图 1-4 所示的接线图中，该 CPU 模块共有 14 个直流数字量输入点和 10 个直流数字量输出点，工作电源为直流 24V。其中 14 个输入端被分成两组。第一组由输入端子 I0.0～I0.7共 8 个输入端组成，每个外部输入的信号均由各输入端子接出并接到直流电源的正极上，电源的负极接到公共端 1M 上；第二组由输入端子 I1.0～I1.5 共 6 个输入端子组

成，每个外部输入的信号均由各输入端子接出并接到直流电源的正极上，电源的负极接到公共端 2M 上。在模块中由 M 和 L + 两个端子提供 DC 24V 传感器电源输出，此电源可以当做直流输入端的电源使用。10 个输出端被分成两组。第一组由输出端子 Q0.0 ~ Q0.4 共 5 个端子和公共端 1L + 组成，每个负载的一端和输出端相连，另一端与电源负极相连，并接入公共端 1M；第二组由输出端子 Q0.5 ~ Q0.7 及 Q1.0 和 Q1.1 共 5 个端子和公共端 2L + 组成，每个负载的一端和输出端相连，另一端与电源负极相连，并接入公共端 2M。

实例 3　PLC 模拟量模块的使用

实例控制要求

如图 1-9 所示是模拟量输入模块 EM231、模拟量输出模块 EM232 和模拟量输入/输出模块 EM235 模块的应用接线图。通过本实例的学习，要求能对 PLC 模拟量模块进行正确的接线。



（a）EM231的接线图　（b）EM232的接线图　（c）EM235的接线图

图 1-9　常用的模拟量模块接线图

基本知识

模拟量模块有模拟量输入模块、模拟量输出模块、模拟量输入/输出模块等。

1）模拟量输入模块（A/D）

模拟量输入模块在过程控制中的应用很广，如对常用的温度、压力、速度、流量、酸碱度、位移进行工业检测时，都是通往对电压、电流的模拟量输入值进行一定运算（PID）来控制生产过程，从而达到一定的目的。模拟量输入电平大多是从传感器通过变换后得到的，模拟量的输入信号为 4 ~ 20mA 的电流信号或 1 ~ 5V、 – 10 ~ 10V、0 ~ 10V 的直流电压信号。由于 PLC 只能接收数字信号，所以为了实现模拟量控制，必须先对模拟量进行模/数（A/D）转换，即将模拟信号转换成 PLC 所能接收的数字信号。模拟量输入模块一般由滤波电路、A/D 转换器、光电耦合器隔离等部分组成。其原理框图如图 1-10 所示。

如图 1-11 所示是 EM231 模拟量输入模块，它主要由滤波电路、A/D 转换器、光电耦合

器隔离、内部电路组成。输入信号通过滤波、运算放大器的放大和量程变换（转换成 A/D 转换器能够接收的电压范围）后再送入 A/D 转换器中。经过 A/D 转换器转换后的数字信号再经光耦合器隔离后进入 PLC 的内部电路。根据 A/D 转换的分辨率不同，模拟量输入单元能提供 8 位、10 位、12 位或 16 位等精度的各种位数的数字信号并将其传送给 PLC 进行处理。

模拟量输入模块的功能就是实现模/数（A/D）转换，即把现场连续变化的模拟量标准信号转换成 12 位的二进制数字信号后送给中央处理器进行处理。EM231 模块的输入数据格式如图 1－12 所示，其最高位是符号位："0" 表示正值，"1" 表示负值。单极性数据格式的量程设置为0～3 200，双极性数据格式的量程设置为 －3 200～3 200。

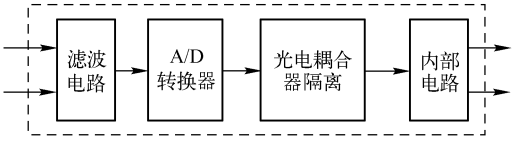


图 1－10　模拟量输入模块的原理框图

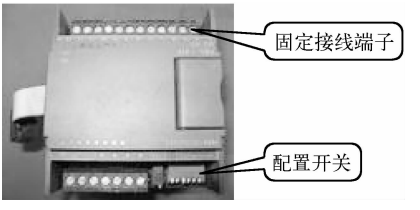


图 1－11　EM231 模拟量输入模块

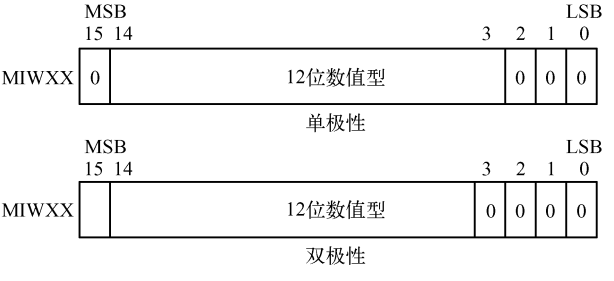


图 1－12　EM231 模块的输入数据格式

2）模拟量输出模块（D/A）

模拟量输出模块用于将中央处理器的二进制数字信号转换成 4～20mA 的电流输出信号或0～10V、1～5V 的电压输出信号，以提供给执行机构，并满足生产过程现场连续信号的控制要求。模拟量输出模块一般由内部电路、光电耦合器隔离、D/A 转换器和信号转换等部分组成，其原理框图如图 1－13 所示。

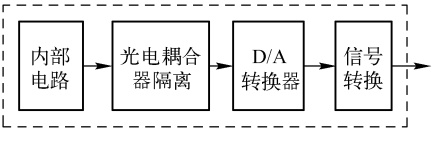


图 1－13　模拟量输出模块的原理框图

如图 1－14 所示是 EM232 模拟量输出模块。它一般具有 2 路或 4 路模拟量输出通道，每个输出通道占用存储器 AQ 区域的 2 字节。经 PLC 处理后的 12 位输出数据格式如图 1－15 所示，其最高位是符号位："0" 表示正值，"1" 表示负值。电流输出数据格式的量程设置为

0 ~ 3 200，而电压输出数据格式的量程设置为 - 3 200 ~ 3 200。



图 1-14　EM232 模拟量输出模块



图 1-15　EM232 模块的输出数据格式

3）模拟量输入/输出模块

如图 1-16 所示是 EM235 模拟量输入/输出模块。它具有 4 个模拟量输入通道、1 个模拟量输出通道。

该模块的模拟量输入功能同 EM231 模拟量输入模块，其技术参数基本相同。

该模块的电压输入范围有所不同，单极性为 0 ~ 10V，0 ~ 5V，0 ~ 1V，0 ~ 500mV，0 ~ 100mV，0 ~ 50mV；双极性为 ±10V，±5V，±2.5V，±1V，±500mV，±250mV，±100mV，±50mV，±25mV。

该模块的模拟量输出功能同 EM232 模拟量输出模块，其技术参数也基本相同。



图 1-16　EM235 模拟量输入/输出模块

实例解决方案

① 如图 1-9（a）所示是 EM231 的典型接线图。在该模块上共有 15 个固定接线端子，每 3 个端子为 1 组。其中模拟量输入通道共有 4 组，RA、A + 、A - 是一组；RB、B + 、B - 是一组；RC、C + 、C - 是一组；RD、D + 、D - 是一组。还有一组是 DC 24V 电源 L + 、M、接地。在接线中，对于电压信号只使用两个端子，而电流信号则需使用三个端子。对于未使用的通道可以将其端子短接。

要正确使用模拟量输入模块，还需要对开关配置进行设置，配置完毕后需要重新给模块上电才能生效。如表 1-4 所示是 EM231 模块的 DIP 开关配置说明，开关 SW1、SW2 和 SW3 用于选择模拟量输出范围，而所有输入都设置了相同的模拟量输入量程。

② 如图 1-9（b）所示是 EM232 模拟量输出模块的接线图，模块上部有 7 个端子，每 3 个端子为一组；共有两路模拟量输出通道，每路可以接电压负载（V0 和 V1）或电流负载（I0 和 I1），M0 和 M1 端子是各组的公共端。电压输出范围为 - 10 ~ + 10V，电流输出范围为 0 ~ 20mA。模块下部的 M、L + 两端子接 + 24V DC 供电电源。

表 1-4 EM231 模块的 DIP 开关配置说明

单极性					双极性				
波段开关			分辨率	满量程输入	波段开关			分辨率	满量程输入
SW1	SW2	SW3			SW1	SW2	SW3		
ON	OFF	ON	1.25mV	0～5V	OFF	OFF	ON	2.5mV	±5V
	ON	OFF	2.5mV	0～10V		ON	OFF	5mV	+2.5V
			5μA	0～20mA					

③ 如图 1-9（c）所示是 EM235 模拟量模块的接线图，该模块的模拟量输入功能同 EM231 模拟量输入模块，模拟量输出功能同 EM232 模拟量输出模块。该模块需要用直流 24V 供电。它既可采用 CPU 模块的传感器电源 24V DC/400mA 供电，也可由用户提供外部电源。

要正确使用此模块，还需要对开关配置进行设置，配置完毕后需要重新给模块上电才能生效。如表 1-5 所示是 EM235 模块的 DIP 开关配置说明，开关 1 至 6（SW1～SW6）可选择输入量程和分辨率。所有的输入都设置为相同的模拟量和格式。该表中的开关 6（SW6）为单极性或双极性选择开关；开关 4 和 5（SW4、SW5）为增益开关；开关 1、2 和 3（SW1、SW2、SW3）为衰减开关。

表 1-5 EM235 模块的 DIP 开关配置说明

单极性						满量程输入	分辨率
SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	0～50mV	12.5μV
OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	0～100mV	25μV
ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	0～500mV	125μV
OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	0～1V	250μV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0～5V	1.25mV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0～20mV	5μV
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	0～10V	2.5mV
双极性						满量程输入	分辨率
SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	±25mV	12.5μV
OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF	±50mV	25μV
OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	±100mV	50μV
ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	±250mV	125μV
OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	±500mV	250μV
OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	±1V	500μV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	±2.5V	1.25mV
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	±5V	2.5mV
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	±10V	5mV

实例 4　PLC 与计算机的连接和通信

实例控制要求

如图 1-17 所示是 S7 - 200 PLC 和计算机硬件的连接示意图。通过本实例的学习，要求掌握硬件的连接和通信的基本知识。

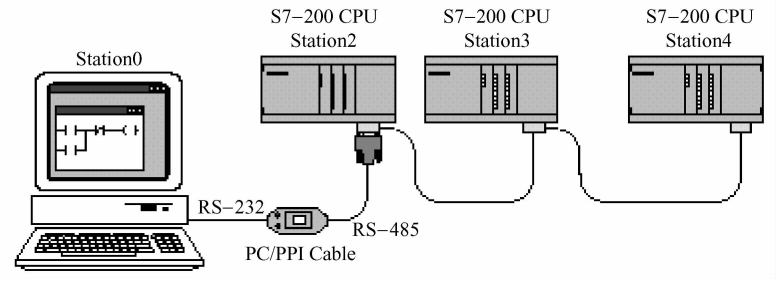


图 1-17　S7 - 200 PLC 和计算机硬件的连接示意图

基本知识

西门子 S7 - 200 PLC 是德国西门子公司生产的小型 PLC，其内部集成的 PPI 接口为用户提供了强大的通信功能。PPI 的接口（编程口）为 RS - 485，通过此接口可以和不同的设备进行通信或组成网络。

S7 - 200 以其高可靠性、丰富的指令、丰富的内置功能、强劲的通信能力、较高的性价比等特点，在工业控制领域中得到了广泛应用。

PLC 的通信包括 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间，以及 PLC 与其他智能设备之间的通信。S7 - 200 PLC 主要用于现场控制，在主站和从站之间通信时可以采用 3 个标准化协议和 1 个自由端口协议，如下所示。

① PPI 协议，也就是点对点的主/从接口协议。

② MPI 协议，也就是多点接口协议。

③ PROFIBUS - DP 协议，用于分布式 I/O 设备的高速通信。

④ 自由端口协议，用户定义的协议。

1）S7 - 200 的通信方式

S7 - 200 系统支持的主要通信方式如表 1-6 所示。

表 1-6　S7 - 200 系统支持的主要通信方式

协议类型	端口位置	接口类型	传输介质	通信速率（bps）	备　注
PPI	EM241 模块	RJ11	模拟电话	33.6	数据传输速率
MPI	CPU 口 0/1	DB - 9 针	RS - 485	96K，19.2K，187.5K	主、从站
				19.2K，187.5K	仅从站
PROFIBUS - DP	EM277	DB - 9 针	RS - 485	19.2K，187.5K，12M	速率自适应从站
				9.6K，19.2K，187.5K，12M	

续表

协议类型	端口位置	接口类型	传输介质	通信速率（bps）	备　注
S7 协议	CP243－1/ CP243－1 IT	RJ45	以太网	10M，100M	自适应
AS－Interface	CP243－2	接线端子	AS－i 网络	5/10ms 循环周期	主站
USS	CPU 口 0	DB－9 针	RS－485	1 200，9.6K，115.2K	主站自由端口库指令
					主站/从站自由端口库指令
MODBUS RTU	EM241	RJ11	模拟电话	33.6K	数据传输速率
自由端口	CPU 口 0/1	DB－9 针	RS－485	1 200，9.6K，115.2K	

1）PPI 网络通信

PPI（点对点接口）是专门为 S7－200 开发的通信协议。PPI 是一个主/从协议：主站向从站发送申请，从站进行响应；从站不主动发信息，不初始化信息，只是等待主站的要求，并对要求做出响应。PPI 网络可以有多个主站，PPI 并不限制与任意一个从站通信的主站数量，但是在一个网络中，主站的个数不能超过 32 个。

S7－200 CPU 的通信口（Port0、Port1）支持 PPI 协议，S7－200 的一些通信模块也支持 PPI 协议。Micro/Win 与 CPU 进行编程通信时也需通过 PPI 协议来完成。S7－200 CPU 的 PPI 网络通信是建立在 RS－485 网络的硬件基础上的，因此其连接属性和需要的网络硬件设备是与其他 RS－485 网络一致的。S7－200 CPU 之间的 PPI 网络通信只需要两条简单的指令，它们是网络读（NETR）和网络写（NETW）指令，如表 1－7 所示。在网络读/写通信中，只有主站需要调用 NETR/NETW 指令，从站只需编程处理数据缓冲区（取用或准备数据）。

表 1－7　网络通信指令

指令名称	梯形图	指　令	功　能	数据类型及操作数
网络读指令	NETR EN　ENO TBL PORT	NETR TBL，PORT	当使能输入 EN 有效时，通过 PORT 指定的通信口（主站上的 0 或 1），根据 TBL 指定的表中的定义读取远程装置的数据	数据类型：字节型 TBL：变量寄存器 PORT：0 或 1 的常数
网络写指令	NETW EN　ENO TBL PORT	NETW TBL，PORT	当使能输入 EN 有效时，通过 PORT 指定的通信口（主站上的 0 或 1），根据 TBL 指定的表中的定义将数据写到远程设备中	数据类型：字节型 TBL：变量寄存器 PORT：0 或 1 的常数

（2）MPI 通信

MPI 网络是 SIMATIC S7 多点通信的接口，是一种适用于少数站点的主/主协议或主/从协议通信的网络，多用于连接上位机和少量 PLC 之间的近距离通信，如图 1－18 所示。这种网络使用的是 MPI 协议通信，MPI 总是在两个相互通信的设备之间建立连接的。该网络中也可以不包括 PC 而只包括 PLC。

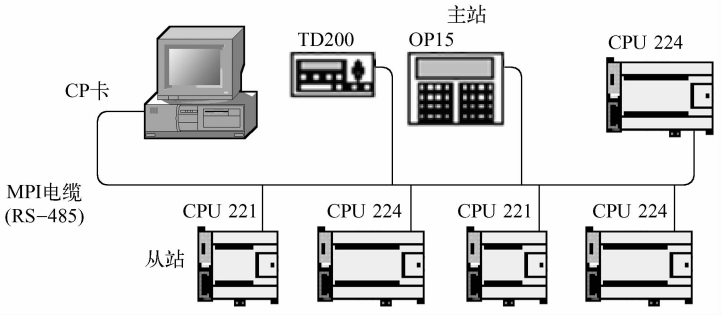


图 1-18　MPI 网络

（3）PROFIBUS - DP 网络通信

PROFIBUS - DP 网络通信是一种高速且优化的通信方案，主要用于现场级控制系统与分布式 I/O 及其他现场设备之间的通信。S7 - 200 CPU 可以通过 EM277 PROFIBUS - DP 从站模块连入 PROFIBUS - DP 网络中，主站可以通过 EM277 对 S7 - 200 CPU 进行读/写数据，如图 1-19 所示。作为 S7 - 200 的扩展模块，与其他 I/O 扩展模块一样，EM277 通过出厂时就带有的 I/O 总线与 CPU 相连。因 EM277 只能作为从站，所以两个 EM277 之间不能通信，但可以由一台 PC 作为主站来访问几个联网的 EM277。通过 EM277 模块进行的 PROFIBUS - DP 通信是最可靠的通信方式。

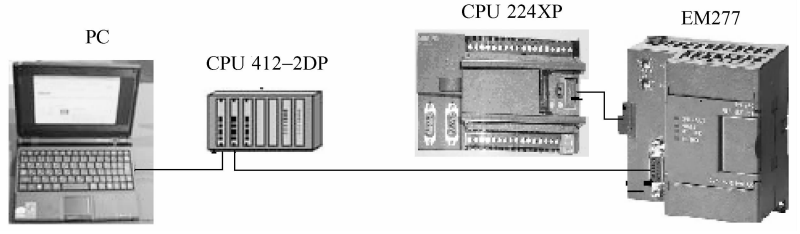


图 1-19　PROFIBUS - DP 网络通信

（4）自由端口通信

S7 - 200 系列 PLC 的串行通信口可以由用户程序来控制，这种由用户程序控制的通信方式叫做自由端口通信模式。利用自由端口通信模式，用户程序就可以完全控制通信端的操作，也可以完全控制通信协议了，还可以同多种智能设备进行通信，使通信范围大为增加，控制系统配制更加灵活。当选择自由端口通信模式时，用户程序可通过发送/接收中断、发送/接收指令来控制串行通信口的操作。通信所使用的波特率、奇偶校验及数据位数等由特殊存储器位 SMB30（对应端口 0）和 SMB130（对应端口 1）来设定。

（5）以太网通信

S7 - 200 CPU 加装有 CP - 243 - 1 IT 通信处理器，可将 S7 - 200 系统连接到工业以太网（IE）中。该模块提供了一个标准的 RJ - 45 网络接口，与支持 TCP/IP 协议的网络设备兼容。通过工业以太网，能实现与其他系列的 PLC 进行通信，也可与 OPC 服务器及 PC 进行通信。

2）网络通信硬件

S7－200 支持的 PPI、PROFIBUS－DP 和自由端口通信模式都是建立在 RS－485 的硬件基础上的。为了保证足够的传输距离和通信速率，建议使用西门子制造的网络电缆和网络连接器。如图 1-20 所示为 PC/PPI＋编程电缆和网络电缆连接器的示意图。



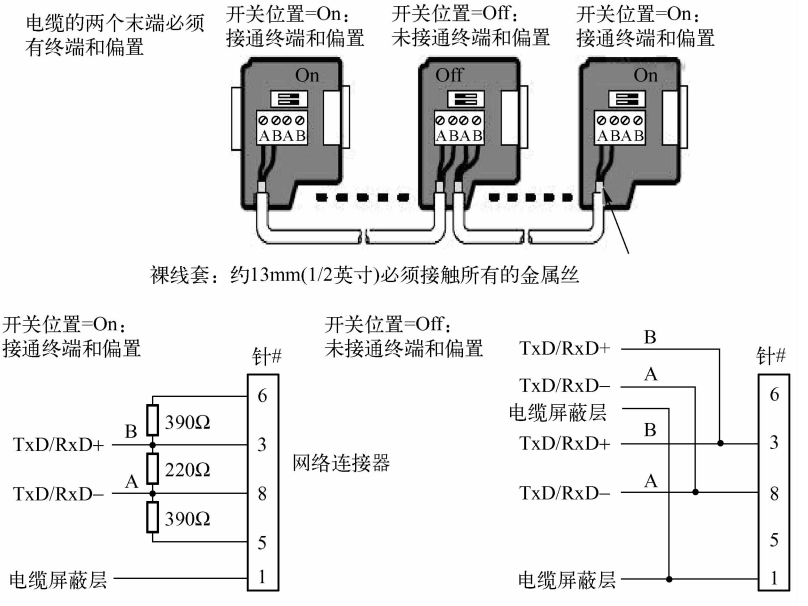


图 1-20　PC/PPI＋编程电缆和网络电缆连接器的示意图

实例解决方案

开发 S7－200 系列 PLC 的用户需要一台装有 STEP 7－Micro/Win 4.0 编程软件的 PC、S7－200 系列 PLC 及一根 PC/PPI 编程电缆。如图 1-21 所示是一个常见的硬件连接图：首先把 PC/PPI 编程电缆标有“PC”的 RS－232 端连接到计算机的 COM 口（RS－232）上，再把标有“PPI”的 RS－485 端连接到 S7－200 PLC 的通信口（RS－485）端口 PORT 0 或端口 PORT 1 上，拧紧连接螺钉；最后把 RS－232/PPI 编程电缆上的 DIP 开关拨至标有“11 位”的端口上。

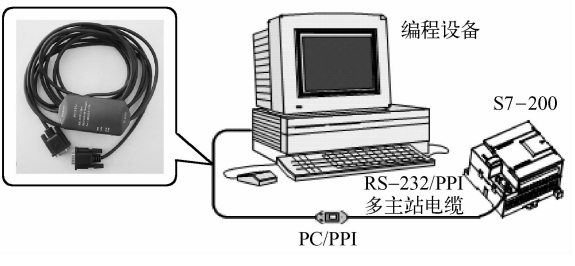


图 1-21　硬件连接图

实例 5　STEP 7 – Micro/Win 编程软件的安装和使用

实例控制要求

STEP 7 – Micro/Win 系列编程软件是 S7 – 200 系列 PLC 的专用编程、调试、监控软件。如图 1–22 所示是该编程软件的主界面。下面主要学习编程软件的安装，以及软件主要功能的使用。

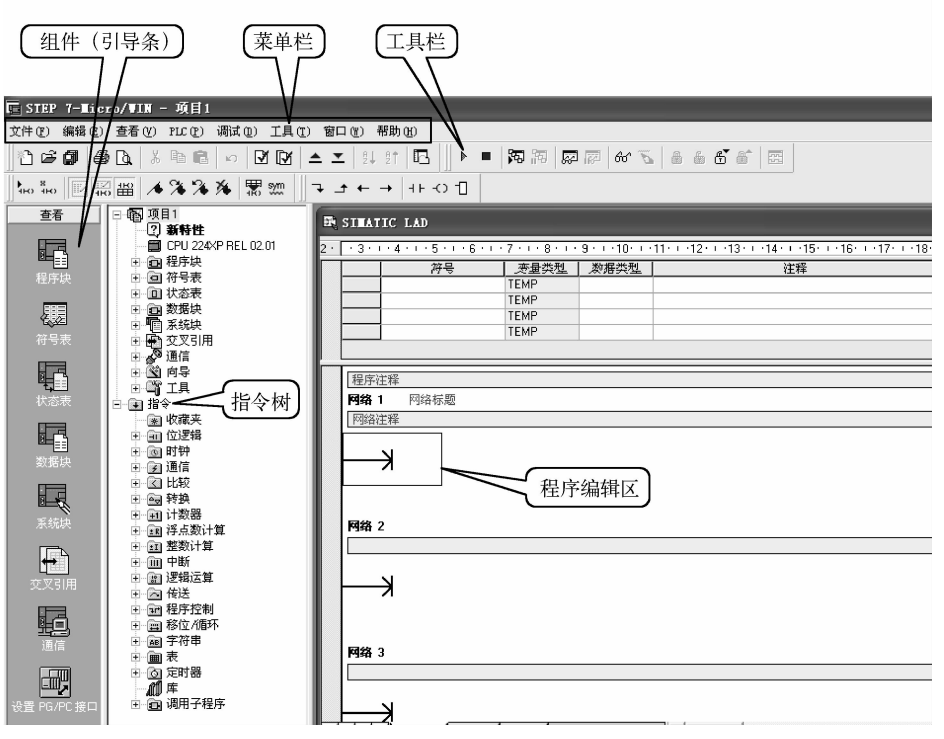


图 1–22　STEP 7 – Micro/Win 4.0 编程软件的主界面

基本知识

如图 1–22 所示是 STEP 7 – Micro/Win 4.0 编程软件操作的主界面，其各部分的主要功能介绍如下。

1）菜单栏

在如图 1–22 所示的菜单栏中，可用鼠标单击或采用对应热键操作。打开各项菜单，其功能如下所示。

（1）文件

单击文件菜单可以完成如新建、打开、关闭、保存文件、上传和下载等操作。

（2）编辑

单击编辑菜单可完成选择、复制、剪切、粘贴程序块或数据块等操作。同时它还提供查

找、替换、插入、删除、快速光标定位等功能。

（3）查看（视图）

可以设置软件开发的风格，决定其他辅助窗口的打开和关闭，执行引导条窗口的命令，选择不同编程语言（包括 SIL、梯形图、FBD）等。

（4）PLC

可以建立与 PLC 联机时的相关操作，如改变 PLC 的工作方式、在线编译、查看 PLC 的信息、清除程序和数据、时钟、程序比较、PLC 的类型选择及通信设置等。

（5）调试

主要用于联机调试。在离线方式下，该菜单呈现灰色，表示此菜单不具备执行条件。

（6）工具

可以调用指令向导，安装文本显示器、改变界面风格等。

（7）窗口

可以打开多个窗口，并可进行窗口切换，设置窗口的排列形式等。

（8）帮助

通过帮助上的目录和索引可以查阅所有相关帮助信息。对于操作中的步骤，可以通过 F1 键来显示在线帮助，从而大大方便了用户的使用。

2）工具栏

该软件提供简便的鼠标操作，并将软件的常用操作以按钮形式设定到工具栏中，如图 1－23 所示。

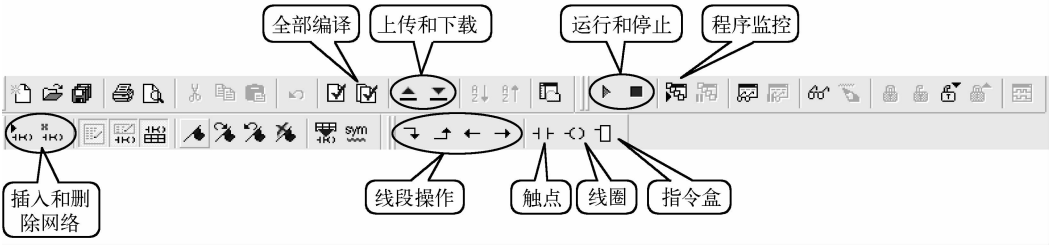


图 1－23　常用工具栏

3）项目及其组件（引导条）

在如图 1－24 所示的项目及其组件中，可以通过鼠标单击查看组件图标，或者双击指令树分支来达到快速到达相应的项目及其组件的目的。

实例解决方案

1）软件的安装

STEP 7－Micro/Win 系列编程软件是 S7－200 系列 PLC 的专用编程、调试、监控软件，可以双击安装程序 SETUP. EXE，根据在线提示来安装该软件。安装完成后，会在桌面出现 STEP 7－Micro/Win 4. 0 的图标，如图 1－25 所示。安装完成后会将编程界面转换成中文界面。

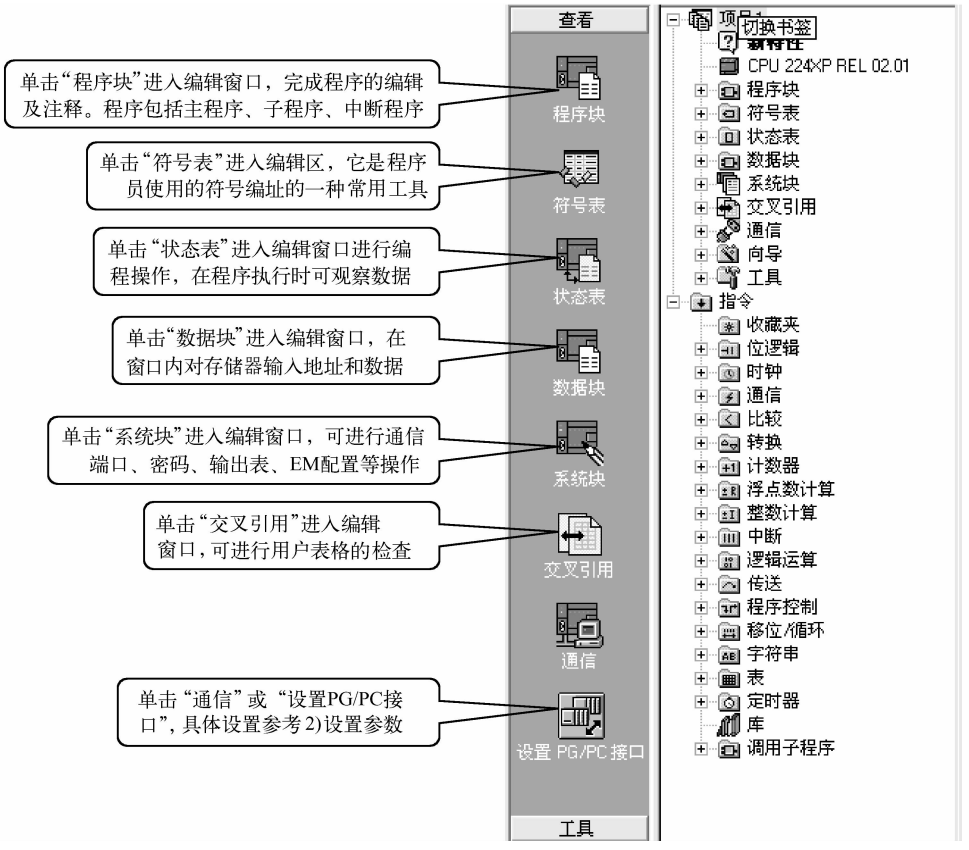


图 1-24　查看区及指令树分支

2）设置参数

安装完软件并且连接好硬件之后，按下面的步骤设置通信参数。

① 单击桌面上 STEP 7 - Micro/Win 4.0 的图标（如图 1-25 所示），打开一个新的项目。如图 1-26 所示为一个新项目。可以用组件（引导条）中的图标打开 STEP 7 - Micro/Win 4.0 项目中的组件，单击引导条中的通信图标进入通信对话框，通过这个对话框为 STEP7 - Micro/Win 4.0 设置通信参数。

② 为 STEP 7 - Micro/Win 4.0 设置通信参数。单击“通信”图标后，将弹出如图 1-27 所示的“通信”对话框，系统默认设定值为：PC/PPI 电缆的通信地址为 3；接口使用 COM1；协议为 PPI；传输波特率为 9.6kbps。设置或检查通信参数可通过 PG/PC 接口来操作。参数设置完后，可双击“通信”对话框中的“刷新”图标，此时 STEP 7 - Micro/Win 4.0 将检查所连接的 S7 - 200 CPU 站，并建立一个所连接的 S7 - 200 站的 CPU 图标，选择 S7 - 200 站并单击“OK”按钮。如果 STEP 7 - Micro/Win 4.0 未能找到 S7 - 200 CPU，请重新核对通信参数的设置，并重复以上步骤。建立与 S7 - 200 的通信之后，就可以创建并下载程序了。



图 1-25　STEP 7 Micro/Win 4.0 的图标

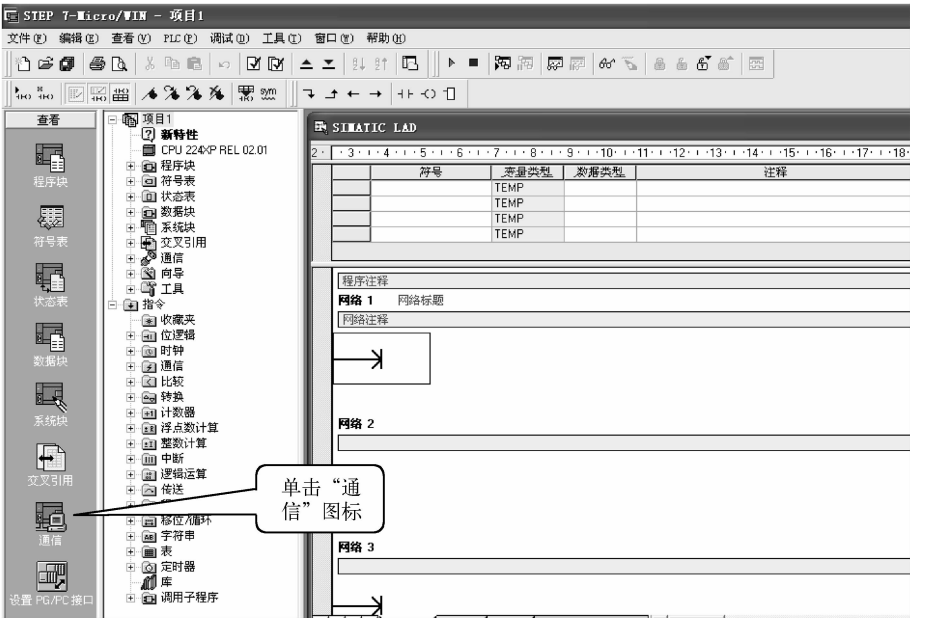


图 1－26 新建 STEP 7－Micro/Win 项目

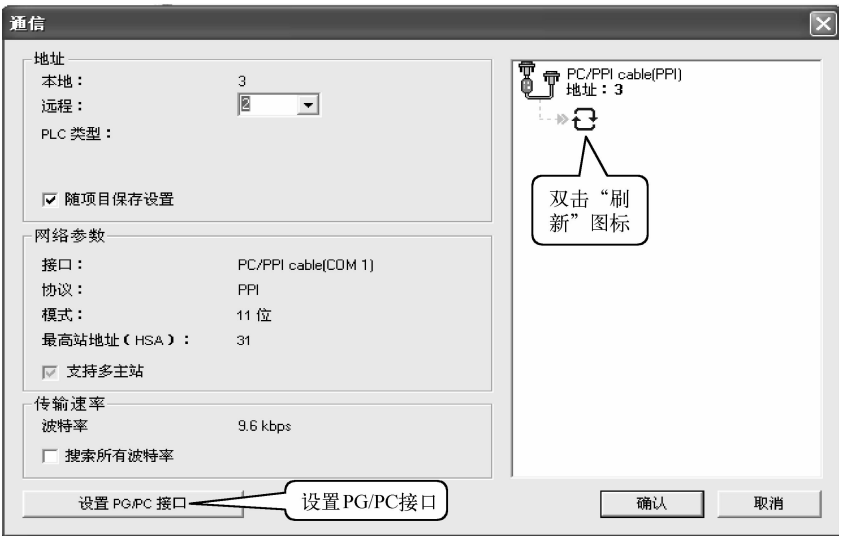


图 1－27 “通信”对话框

实例 6 程序的录入与调试

实例控制要求

如图 1－28 所示是一个简单的梯形图，要求通过这个梯形图来学习程序的编辑录入与调试。

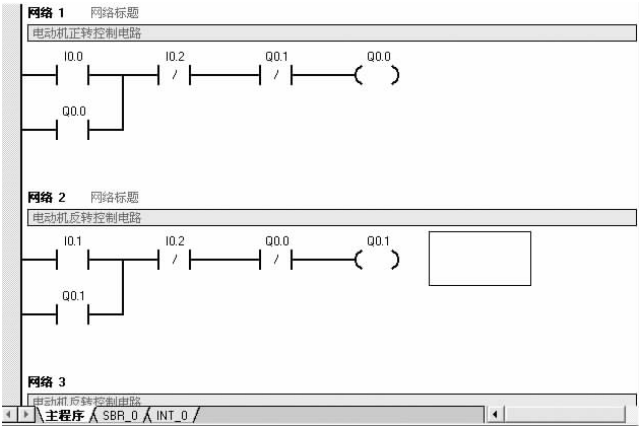


图 1-28 梯形图

实例解决方案

1）程序的输入

① 首先打开编程软件 STEP 7 - Micro/Win 4.0，进入主界面。

② 双击“程序块”，则进入程序块编辑窗口（如图 1-29 所示）。

③ 在工具栏里逐个选择本任务要编辑输入的控制指令，如双击 图标，常开触点自动在程序编辑行出现（如图 1-29 所示），再在“???”处输入地址即可。用同样的方法输入要编辑的其他指令，再加上相应的注释，程序就编辑完成了（如图 1-28 所示）。

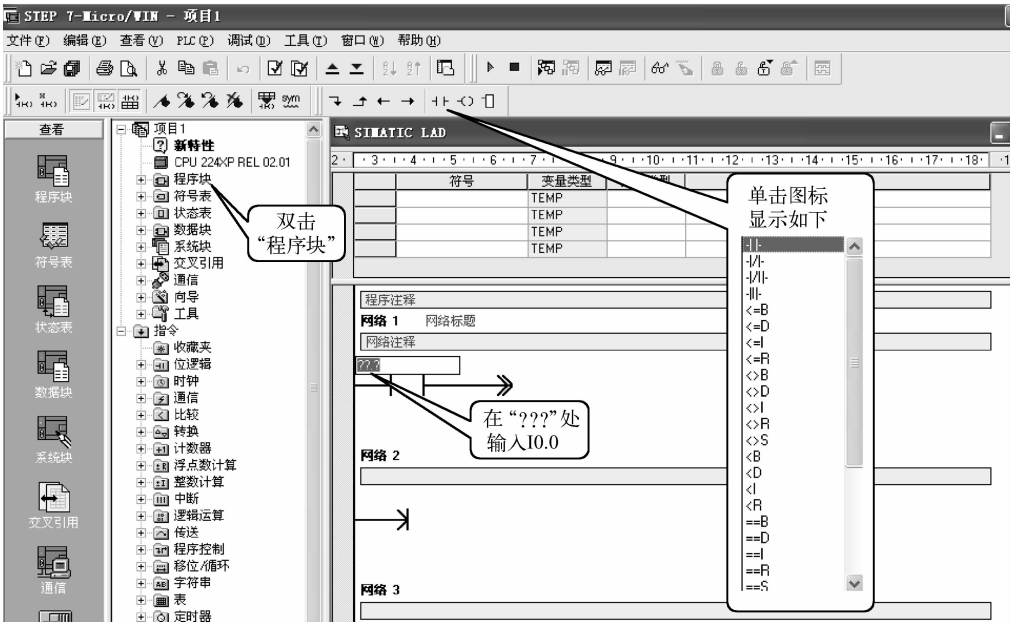


图 1-29 程序块编辑窗口

2）程序的编译与下载

① 单击工具栏中的“编译”按钮进行编译，如图 1-30 所示。

② 单击工具栏中的“下载”按钮进入下载界面（仍如图 1－30 所示），在选项中选择程序块、数据块和系统块，再单击“下载”按钮，可将前面选择的块下载至 PLC 中。

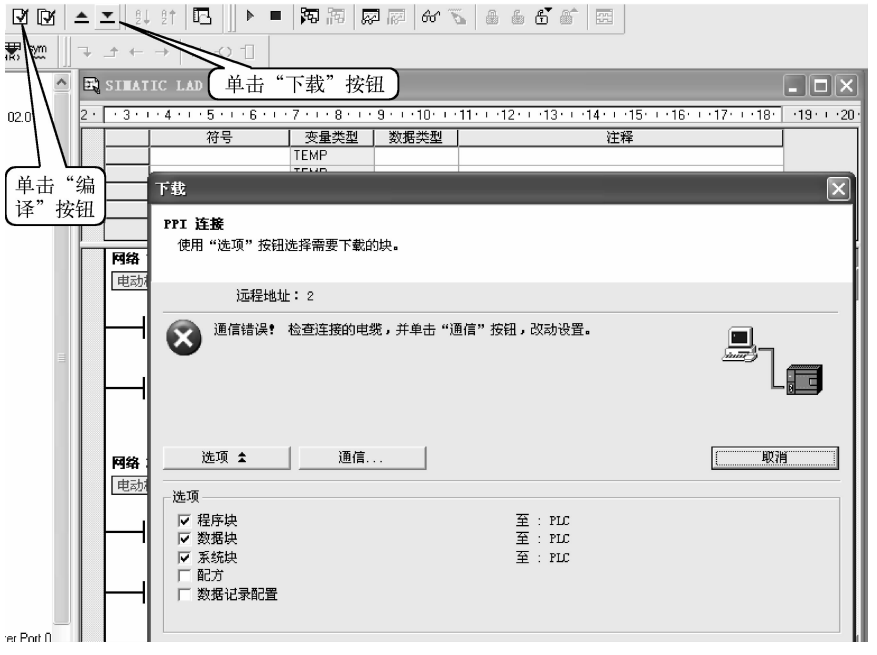


图 1－30 编译与下载

3）程序的运行与调试

① 单击工具栏中的“运行”按钮，出现如图 1－31 所示的画面，再单击“是”按钮，则进入 PLC 运行模式。

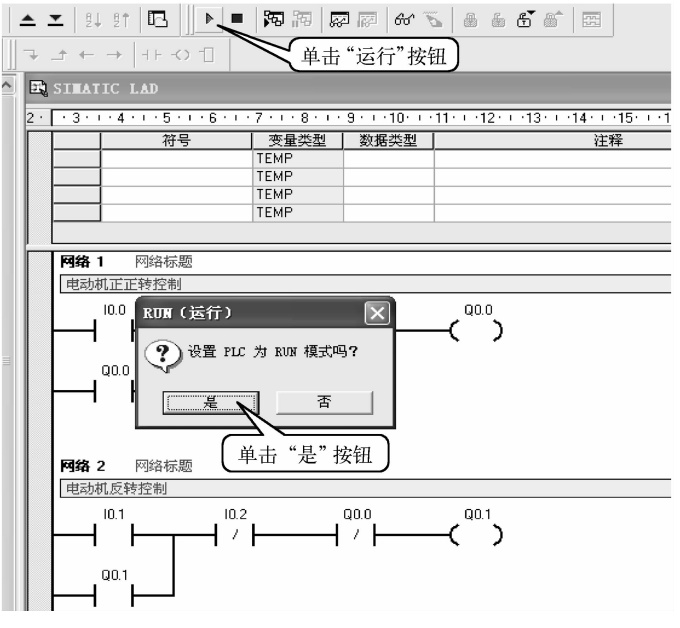


图 1－31 PLC 运行模式

② 启动程序运行监控，如图 1－32 所示。

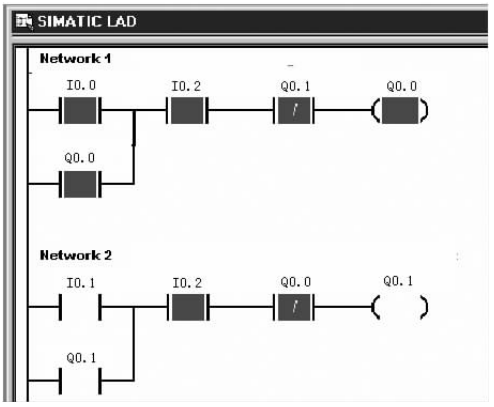


图 1-32　程序运行监控

到这里，就完成了程序的输入、编辑与下载、运行与调试的整个过程了。

二、PLC 的指令应用

1. 位操作指令

位操作指令是 PLC 常用的基本指令，主要用于对 PLC 存储器中的某一位进行位逻辑运算和控制。下面通过具体的实例来学习位操作指令的编程应用。

实例 7　启保停控制电动机



实例控制要求

利用基本位指令来实现单台电动机的启动和停止。



基本知识

1）基本位逻辑指令

基本位逻辑指令在梯形图中是指触点的简单连接和对标准线圈的输出，在语句表语言中是指对位存储单元的简单逻辑运算，如表 1-8 所示。

表 1-8　S7 -200 PLC 的部分触点和线圈指令

触点与线圈	梯形图符号	指　令	指令功能	数据类型	操　作　数
常开触点	bit ⊣⊢	LD	将常开触点接在左母线上	位	I，Q，V，M，SM，S，T，C
		A	常开触点与其他程序段相串联		
		O	常开触点与其他程序段相并联		
常闭触点	bit ⊣/⊢	LDN	将常闭触点接在左母线上		
		AN	常闭触点与其他程序段相串联		
		ON	常闭触点与其他程序段相并联		
线圈输出	bit —()	=	线圈输出指令。将运算结果输出到某个继电器中		I，Q，V，M，SM，S，T，C，L

如图 1-33 所示的梯形图是用基本指令串、并联来完成电动机的启动与停止的。按下启动按钮后 I0.0 闭合，Q0.0 接通并保持；按下停止按钮后 I0.1 断开，Q0.0 复位断电，此控制方式就叫做启保停控制。根据 I0.0、I0.1 和 Q0.0 的状态变化，可以得到相应的时序图和所对应的语句表，如图 1-34 所示。

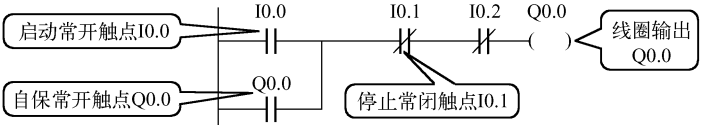


图 1-33 启保停控制电动机的梯形图

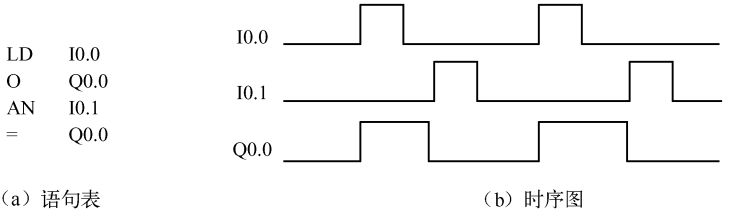


图 1-34 启保停控制电动机的语句表和时序图

使用说明：

① 并联的“ = ”指令可以连续使用，但在同一程序中，同一线圈输出只能使用一次；

② A、AN 是单个触点的连接指令，可以连续使用。S7－200 PLC 的编程软件中规定的串联触点使用的上限次数为 11 次。

2）梯形图的基本绘制规则

（1）网络 **

“网络”为网络段，后面的 ** 是网络段序号。为了增加程序的可读性，可在“网络”后面输入程序标题或注释，但不参与程序的执行。

（2）编程顺序

梯形图按照从上到下，从左到右的顺序绘制。每个逻辑行开始于左母线，且一般触点放在左侧，线圈与指令盒放在右侧，并且右边不再有触点。因此整个梯形图为阶梯结构。

（3）触点的使用次数与画法

同一编程元件的触点可以多次使用，没有限制。触点应画在水平线上，不应画在垂直线上。

（4）触点的放置

串联触点较多的电路应放在梯形图上方；并联触点较多的电路应放在左边；并联电路串联时，应将触点多的并联电路放在梯形图左方（遵循左重右轻的原则）；串联块并联时，应将触点多的串联电路放在梯形图上方（遵循上重下轻的原则）。

（5）线圈的使用

不宜使用双线圈输出。若在同一梯形图中，同一组件的线圈使用两次或两次以上，则称为双线圈输出。在双线圈输出时，只有最后一次的线圈有效，而前面的线圈是无效的，在使

用时要特别注意。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 3 个输入点，1 个输出点，如表 1-9 所示。

表 1-9　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	KM1	接触器	Q0.0
SB2	停止按钮	I0.1			
KH	热继电器	I0.2			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-35 所示。

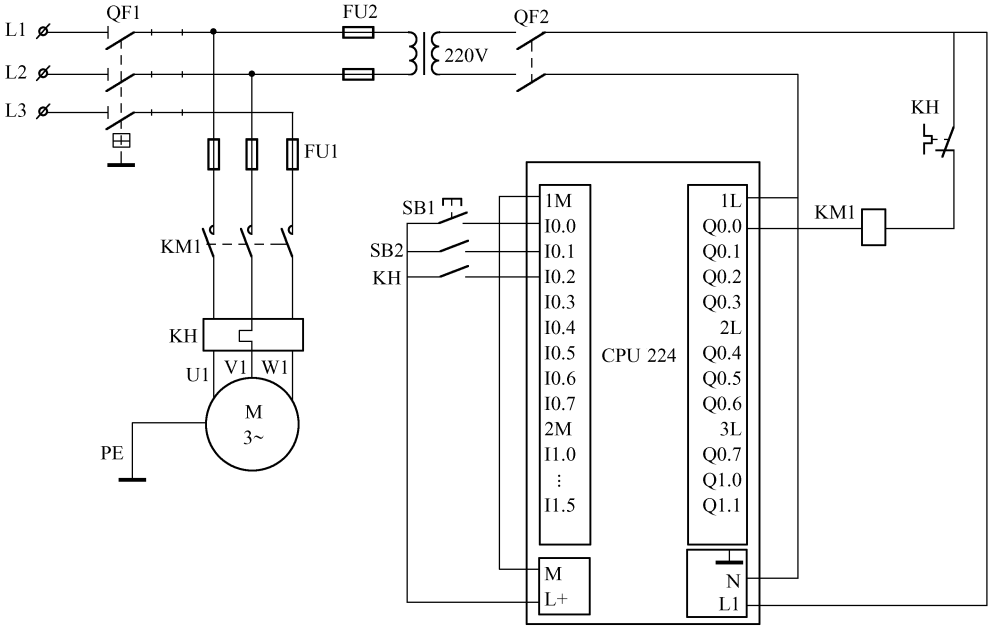


图 1-35　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备过载保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

说明：第 1 篇中的实例控制对元器件选择暂不提出要求。

3）程序设计

如图 1-33 所示的梯形图是用基本指令串、并联来完成电动机的启动与停止的，此控制方式就叫做启保停控制。

4）程序的输入与调试

把图 1-33 的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与电动机的启动按钮连接起来；将 I0.1 与电动机的停止按钮连接起来；将 I0.2 与热继电器的常开触点连接起来；将输出端子 Q0.0 与控制电动机的接触器线圈连接起来。

按下启动按钮后 I0.0 闭合，Q0.0 接通并保持，接触器 KM1 吸合，电动机运转；按下停止按钮后 I0.1 断开，Q0.0 复位断电，接触器 KM1 断电释放，电动机停止运转。

实例 8　置位与复位控制电动机



实例控制要求

利用置位与复位指令来完成单台电动机的启动与停止。



基本知识

置位和复位指令也是线圈输出指令。当置位工作条件满足时，线圈置 1。即使置位信号变为 0 以后，被置位的状态仍保持不变，只有当复位信号满足时，状态复位线圈才置 0。如表 1-10 所示是置位、复位指令。

表 1-10　S7－200 PLC 的置位、复位指令

指令名称	梯形图符号	指　令	指令功能	数据类型	操　作　数
置位	bit —(S) *n*	S	将从指定地址位开始 *n* 个位置位	位 *n*：BYTE	位：Q，V，M，SM，S，T，C *n*：IB，QB，VB，SMB，SB，LB
复位	bit —(R) *n*	R	将从指定地址位开始 *n* 个位复位	或常数	AC、MB、常数等
SR 触发器	S1　OUT SR R	SR	置位和复位同时为 1 时置位优先	位	I，Q，V，M，S
RS 触发器	S1　OUT RS R1	RS	置位和复位同时为 1 时复位优先	位	I，Q，V，M，S

如图 1-36 所示的梯形图是用置位与复位指令来完成电动机的启动与停止的。

按下启动按钮后 I0.0 闭合，Q0.0 置位接通并保持；按下复位按钮后 I0.1 断开，Q0.0 复位断电。根据 I0.0、I0.1 和 Q0.0 的状态变化，可得到相应的时序图和所对应的语句表，如图 1-37 所示。

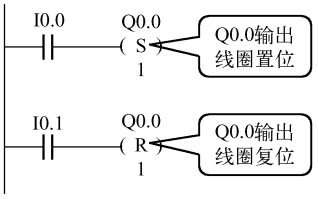


图 1-36　电动机启停控制的梯形图

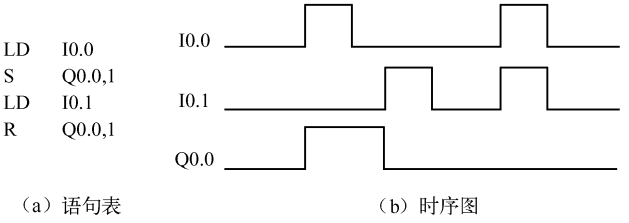


图 1-37　置位与复位控制电动机的语句表与时序图

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 2 个输入点，1 个输出点，如表 1-11 所示。

表 1-11　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	KM1	接触器	Q0.0
SB2	停止按钮	I0.1			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-38 所示。

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备过载保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

如图 1-36 所示的梯形图是用置位与复位指令来完成电动机的启动与停止的。

4）程序的输入与调试

把如图 1-36 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与电动机的启动按钮连接起来；将 I0.1 与电动机的停止按钮连接起来；将输出端子 Q0.0 与控制电动机的接触器线圈连接起来。

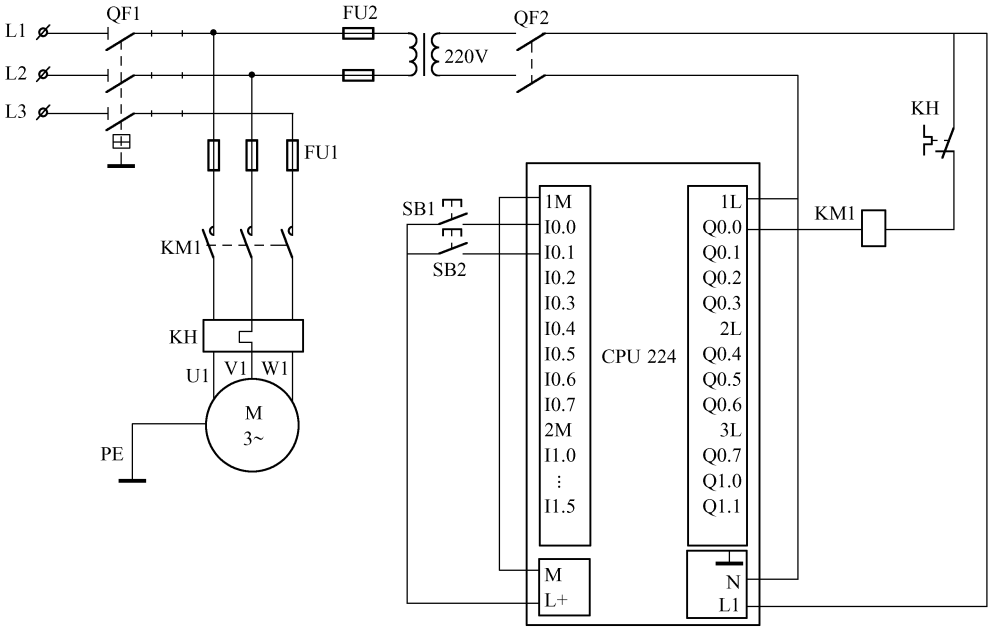


图 1－38　PLC 系统的接线原理图

按下启动按钮后 I0.0 闭合，Q0.0 接通并置位保持，接触器 KM1 吸合，电动机运转；按下停止按钮后 I0.1 断开，Q0.0 复位断电，接触器 KM1 断电释放，电动机停止运转。

实例 9　单按钮启停一台电动机



实例控制要求

利用上升沿脉冲指令来实现单按钮控制一台电动机的启动和停止。



基本知识

边沿触发是指用边沿触发信号产生一个机器周期的扫描脉冲，它通常用做脉冲整形。边沿触发指令分为上升沿脉冲触发指令和下降沿脉冲触发指令两大类，如表 1－12 所示。

上升沿脉冲触发是指输入脉冲的上升沿使触点接通（ON）一个扫描周期；下降沿脉冲触发是指输入脉冲的下降沿使触点接通（ON）一个扫描周期。

表 1－12　边沿触发指令表

触点类型	梯形图	指令	指令功能	数据类型	操作数
上升沿脉冲触发	⊣P⊢	EU	指输入脉冲的上升沿使触点接通（ON）一个扫描周期	无	
下降沿脉冲触发	⊣N⊢	ED	指输入脉冲的下降沿使触点接通（ON）一个扫描周期		

如图 1-39 所示的梯形图是利用上升沿脉冲指令来实现单按钮启停一台电动机的。

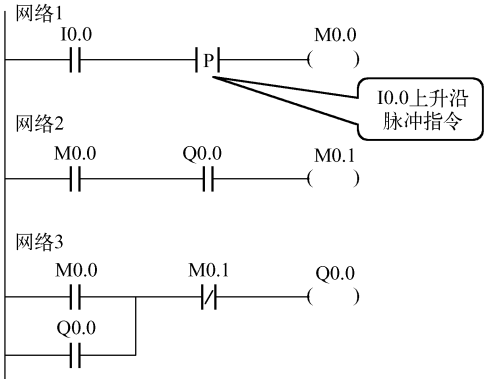
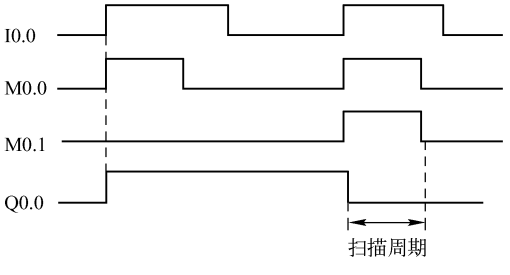


图 1-39　单按钮控制 Q0.0 的梯形图

当第一次按下按钮使 I0.0 闭合时，其上升沿脉冲使继电器 M0.0 接通一个扫描周期，Q0.0 输出线圈接通并保持。当第二次按下该按钮使 I0.0 闭合时，M0.0 再次接通一个扫描周期并与已闭合的 Q0.0 辅助触点共同触发继电器 M0.1，使其接通一个扫描周期，而其辅助常闭触点 M0.1 断开使 Q0.0 输出线圈断电复位。第三次按下该按钮时，电动机再次启动，如此循环。根据 I0.0 和 Q0.0 的状态变化，可以得到相应的时序图和所对应的语句表，如图 1-40 所示。



（a）时序图

```
LD      I0.0
EU
=       M0.0

LD      M0.0
A       Q0.0
=       M0.1

LD      M0.0
O       Q0.0
AN      M0.1
=       Q0.0
```

（b）语句表

图 1-40　单按钮控制电动机启停的时序图与语句表



实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 1 个输入点，1 个输出点，如表 1-13 所示。

表 1-13　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动/停止按钮	I0.0	KM1	接触器	Q0.0

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-41 所示。

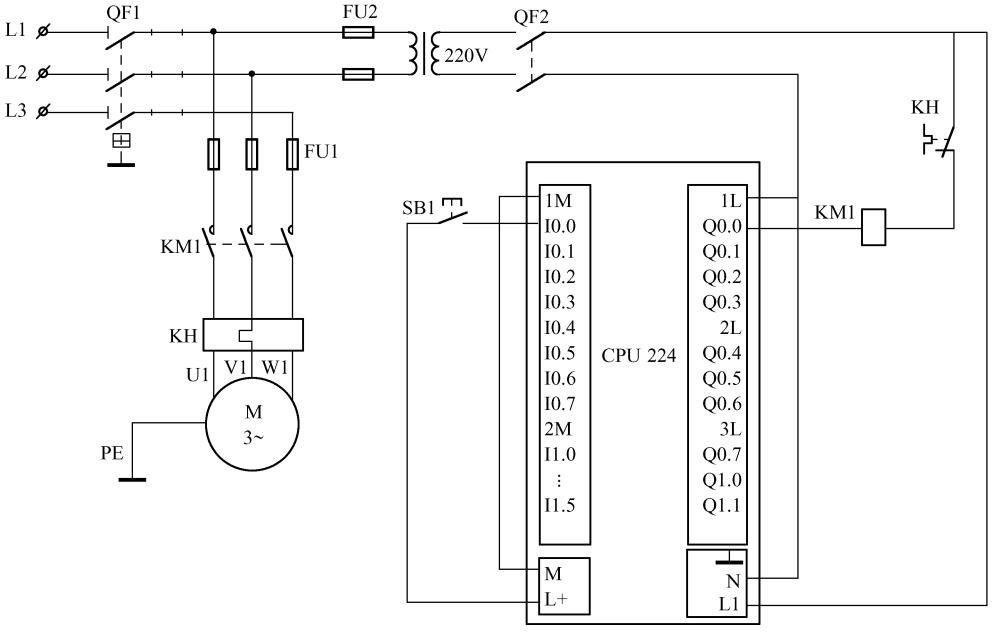


图 1-41　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备过载保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

如图 1-39 所示的梯形图就是利用上升沿脉冲指令来实现单按钮控制 Q0.0 的接通和断开的。

4）程序的输入与调试

把如图 1-39 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与电动机的启动/停止按钮连接起来；将输出端子 Q0.0 与控制电动机的接触器线圈连接起来。

第一次按下 SB1 按钮时，电动机启动运转；第二次按下 SB1 按钮时，电动机停止运转；第三次按下 SB1 按钮时，电动机又启动，如此循环控制。

2. 定时器和计数器指令

定时器和计数器对 PLC 程序设计而言非常重要，是用来满足控制中对时间和数量的要求的。下面通过几个实例来详细讲解定时器和计数器的使用。

实例 10　延时脉冲产生电路

实例控制要求

编制一段延时脉冲产生电路的程序。要求输入一个信号后，延时一段时间产生一个脉冲来触发输出线圈 Q0.0。

基本知识

定时器是 PLC 中最常用的元件之一，用以实现对时间的控制。在 S7－200 系列 PLC 中，定时器按工作方式可分为接通延时定时器 TON、断开延时定时器 TOF 和保持型接通延时定时器 TONR 三种类型；按时基脉冲可分为 1ms，10ms，100ms 三种。定时器的指令类别、精度与编号如表 1-14 和表 1－15 所示。

表 1-14　定时器的指令类别

定时器类型	梯　形　图	指　　令	指 令 功 能	数据类型及操作数
接通延时定时器	???? IN　TON ????－PT	TON T ***，PT	使能端（IN）输入有效时，定时器开始计时，当前值从 0 开始递增。当其值大于或等于预置值（PT）时，定时器输出状态位置 1（输出触点有效），当前值的最大值为 32 767。 使能端无效（断开）时，定时器复位（当前值清零，输出状态位置 0）	T***：字型 常数 T0 ~ T255 指定时器的编号 IN：位型； 操作数：I，Q，V，M，SM，S，T，C，L，能流 PT：整数型； 操作数：IW，QW，VW，MW，SMW，T，C，LW，AC，AIW，*VD，*LD，*AC，常数
断开延时定时器	???? IN　TOF ????－PT	TOF T ***，PT	使能端（IN）输入有效时，定时器输出状态位置 1，当前值复位为 0。 使能端（IN）断开时，开始计时，当前值从 0 递增，当前值达到预置值时，定时器输出状态位复位（置 0），并停止计时，当前值保持	
保持型接通延时定时器	???? IN　TONR ????－PT	TONR T ***，PT	使能端 IN 输入有效时，定时器开始计时，当前值递增。当前值大于或等于预置值 PT 时，输出状态位置 1。 使能端输入无效时，当前值保持。使能端 IN 再次接通有效时，在原记忆值的基础上递增计时。 保持型延时（TONR）定时器采用线圈的复位指令（R）进行复位操作，当复位线圈有效时，定时器当前值清零，输出状态位置 0	

表 1-15　定时器的精度与编号

定时器类型	定时精度（时基）	定 时 范 围	定时器编号
TONR	1ms	定时时间 T = 时基 × 预置值；0 ~ 32.767s	T0，T64
	10ms	定时时间 T = 时基 × 预置值；0 ~ 327.67s	T1 ~ T4，T65 ~ T68
	100ms	定时时间 T = 时基 × 预置值；0 ~ 3276.7s	T5 ~ T31，T69 ~ T95
TON/TOF	1ms	定时时间 T = 时基 × 预置值；0 ~ 32.767s	T32，T96
	10ms	定时时间 T = 时基 × 预置值；0 ~ 327.67s	T33 ~ T36，T97 ~ T100
	100ms	定时时间 T = 时基 × 预置值；0 ~ 3276.7s	T37 ~ T63，T101 ~ T255

如图 1-42 所示是接通延时定时器的应用梯形图。当 I0.2 接通后，时间到达 3s 时，Q0.0 接通。该程序的时序图和语句表如图 1-43 所示。

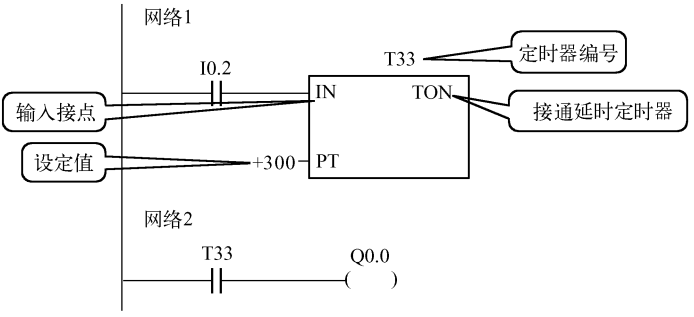
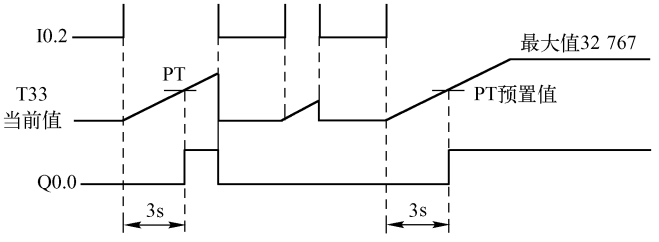


图 1-42　接通延时定时器的应用梯形图



（a）时序图

```
NETWORK  1
LD       I0.2
TON      T33,+300
NET WORK 2
LD       T33
=        Q0.0
```

（b）语句表

图 1-43　接通延时定时器应用程序的时序图和语句表

如图 1-44 所示是断开延时定时器的应用梯形图。当 I0.0 接通时，Q0.0 立即接通；当 I0.0 断开时，定时器延时 3s 后，Q0.0 断开。该程序的时序图和语句表如图 1-45 所示。

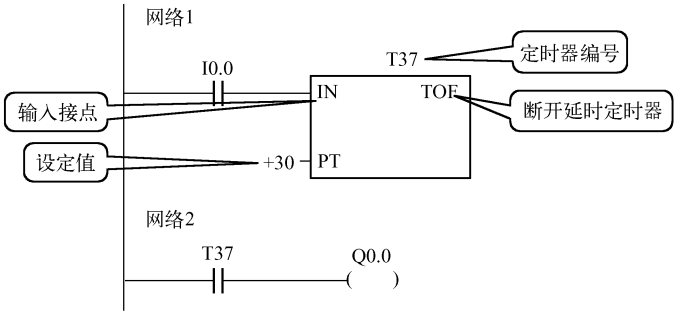
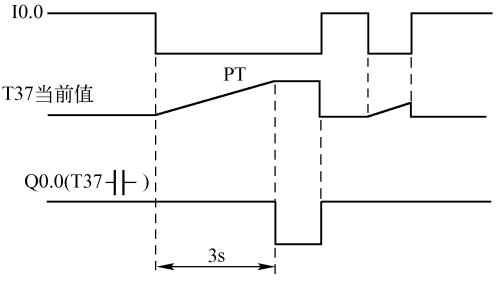


图 1-44　断开延时定时器的应用梯形图



（a）时序图

```
NETWORK  1
LD       I0.0
TOF      T37, +30
 NETWORK 2
LD       T37
=        Q0.0
```

（b）语句表

图 1-45　断开延时定时器应用程序的时序图和语句表

使用说明：

① 使用 S7－200 PLC 的定时器时，必须注意 1ms、10ms、100ms 定时器的刷新方式不同。1ms 定时器是系统每隔 1ms 刷新一次，与扫描周期及程序处理无关，当扫描周期较长时，在一个扫描周期内会多次刷新，其当前值在每个扫描周期内可能不一致；10ms 定时器则是系统在每个扫描周期开始时自动刷新，因此每个周期只刷新一次，其当前值为常数；100ms 定时器则在该定时器指令执行时才被刷新；

② 因扫描方式不同，故时基为 1ms 和 10ms 的定时器一般不能用本身触点作为该定时器的激励输入条件；对于时基为 100ms 的定时器，用本身触点作为该定时器的激励输入条件时，定时器能正常工作。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 1 个输入点，1 个输出点，如表 1－16 所示。

表 1－16 I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代 号	功 能		代 号	功 能	
SB1	启动按钮	I0.0	KM1	接触器	Q0.0

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1－46 所示。

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

如图 1－47 所示是延时脉冲产生电路的梯形图。当输入一个信号后，该电路会在延时一段时间后产生一个脉冲来触发输出线圈 Q0.0。

4）程序的输入与调试

把如图 1－47 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与启动按钮连接起来；将输出端子 Q0.0 与接触器线圈连接起来。

当按下按钮 SB1 后，利用脉冲指令在 I0.0 的上升沿产生一个计时启动脉冲来触发由继电器 M0.1 组成的延时逻辑电路，定时器 T37 延时 6s 后，会产生一个扫描周期的脉冲来触发输出线圈 Q0.0。

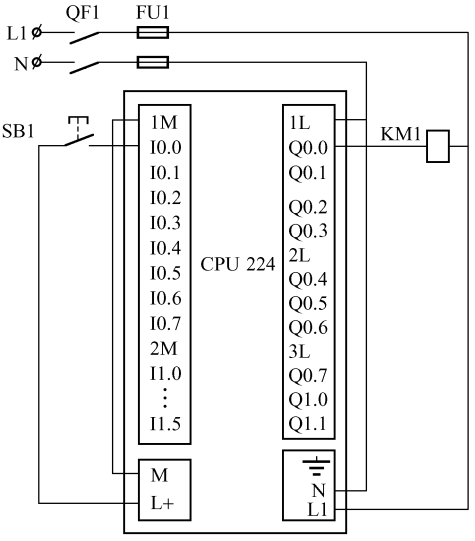


图 1－46　PLC 系统的接线原理图

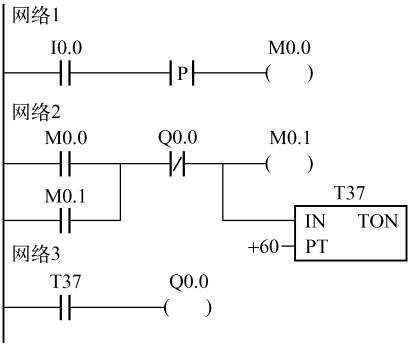


图 1－47　延时脉冲产生电路的梯形图

实例 11　长定时电路

实例控制要求

本实例要求实现一个 5000s 的长定时电路的控制。

基本知识

S7－200 系列 PLC 定时器的最大计时时间为 3 276.7s。如果所需的时间超过了定时器的最大计时时间，就可考虑采用多个定时器的串联使用，以扩大其延时时间如图 1－48 所示是长定时电路的梯形图。在该图中是两级定时器的串联使用，T37 的延时 $T_1 = 2\,000$s，T38 的延时 $T_2 = 3\,000$s，总计延时 $T = T_1 + T_2 = 5\,000$s。由此可见，n 个定时器的串级组合，可扩大的延时范围为 $T = T_1 + T_2 + \cdots + T_n$。

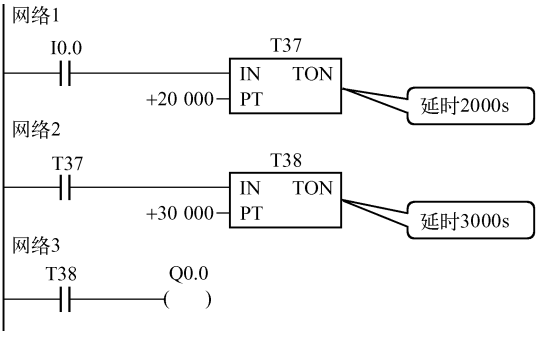
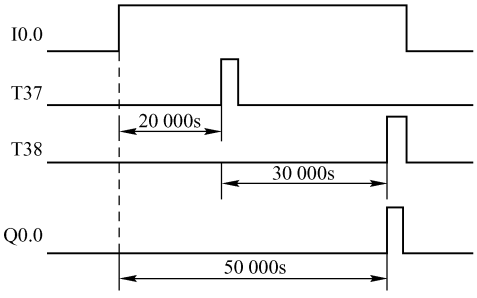


图 1－48　长定时电路的梯形图

接通 I0.0 输入，Q0.0 接通时间 = T37 + T38 = 20 000s + 30 000s = 50 000s（设定值）。根据 I0.0 和 Q0.0 的状态变化，可以得到相应的时序图和所对应的语句表，如图 1－49 所示。



（a）时序图　　（b）语句表

图 1-49　长定时器的时序图与语句表

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 1 个输入点，1 个输出点，如表 1-17 所示。

表 1-17　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	KM1	接触器	Q0.0

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，参照图 1-46。

3）程序设计

如图 1-48 所示是长定时电路的梯形图。

4）程序的输入与调试

把如图 1-48 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与启动按钮连接起来；将输出端子 Q0.0 与接触器线圈连接起来。

当按下 SB1 按钮时 I0.0 接通，启动计时脉冲，定时器 T37 延时 2000s 后，T37 的常开触点闭合，接通定时器 T38，延时 3000s 后，T38 的常开触点闭合，从而触发输出线圈 Q0.0。

实例 12　延时接通/延时断开电路

实例控制要求

编写程序，实现 Q0.0 的延时接通/延时断开的控制。

基本知识

如图 1-50 所示是延时接通/延时断开电路的梯形图。

当 I0.0 闭合后，定时器 T37 开始延时 2s 后接通，其常开触点闭合，输出线圈 Q0.0 接通；当 I0.0 断开后，定时器 T38 开始延时 3s 后接通，其常闭触点断开，输出线圈 Q0.0 断

电复位。根据 I0.0 和 Q0.0 的状态变化，可以得到相应的时序图和所对应的语句表，如图 1-51所示。

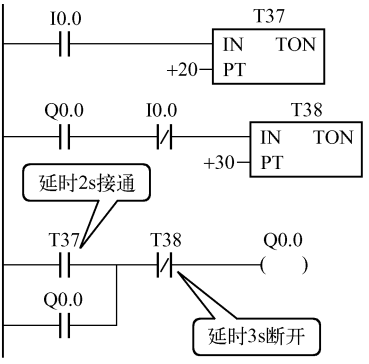
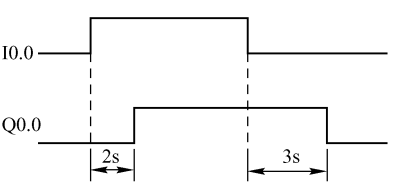


图 1-50 延时接通/延时断开电路的梯形图



（a）时序图

```
LD      I0.0
TON     T37, +20
LD      Q0.0
AN      I0.0
TON     T38, +30
LD      T37
O       Q0.0
AN      T38
=       Q0.0
```

（b）语句表

图 1-51 延时接通/延时断开电路的时序图与语句表



实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 1 个输入点，1 个输出点，如表 1-18 所示。

表 1-18 I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	KM1	接触器	Q0.0

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，参照图 1-46。

3）程序设计

如图 1-50 所示是延时接通/断开控制电路的梯形图。

4）程序的输入与调试

把如图 1-50 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与启动按钮连接起来，将输出端子 Q0.0 与接触器线圈连接起来。

接通 I0.0，启动计时脉冲，定时器 T37 延时 2s 后，T37 的常开触点闭合，输出线圈 Q0.0 接通；当断开 I0.0，定时器 T38 开始延时 3s 后，T38 的常闭触点断开，输出线圈 Q0.0 断电复位。

实例 13　闪烁电路



实例控制要求

编写闪烁电路的控制程序，用于控制一盏指示灯的报警闪烁。

基本知识

如图 1-52 所示是一个闪烁电路的梯形图。

在图 1-52 中，是用由两个定时器组成的闪烁电路来控制一盏指示灯的闪烁的，该电路在实际应用中经常用到。当 I0.0 闭合时，T34 产生一个 1s 通、2s 断的闪烁信号来控制 Q0.0 通 1s、断 2s，从而实现报警灯的闪烁。根据 I0.0 和 Q0.0 的状态变化，可以得到相应的时序图和所对应的语句表，如图 1-53 所示。

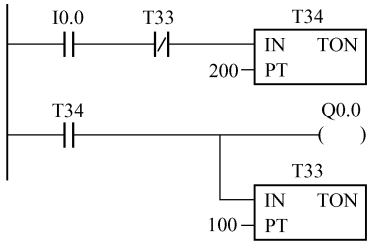
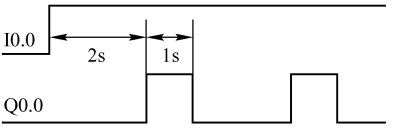


图 1-52　闪烁电路的梯形图



（a）时序图

```
LD    I0.0
AN    T33
TON   T34, 200
LD    T34
=     Q0.0
TON   T33, 100
```

（b）语句表

图 1-53　闪烁电路的时序图与语句表

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 1 个输入点，1 个输出点，如表 1-19 所示。

表 1-19　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	EL	指示灯	Q0.0

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-54 所示。

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

如图 1-52 所示是闪烁电路的梯形图。

4）程序的输入与调试

把如图 1-52 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与启动按钮连接起来；

将输出端子 Q0.0 与报警指示灯连接起来。

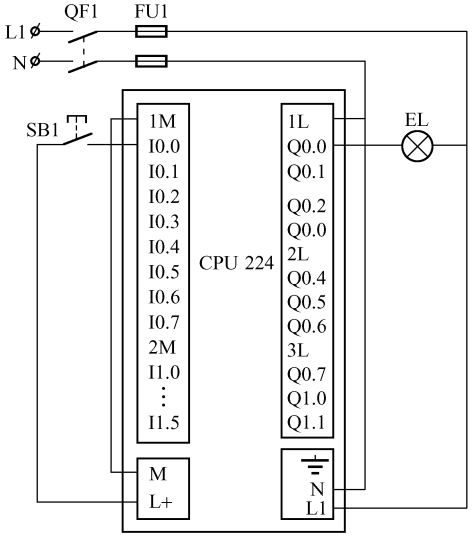


图 1－54　PLC 系统的接线原理图

当接通 I0.0 时，输出线圈 Q0.0 按照通 1s、断 2s 的规律闪烁变化，指示灯 EL 也按此规律闪烁，从而实现了报警指示灯的闪烁。

实例 14　计数器控制长延时电路

实例控制要求

本实例主要学习如何利用定时器与计数器组合来实现长延时电路的控制。

基本知识

计数器是利用输入脉冲上升沿来累计脉冲个数的，它在实际应用中常用来对产品进行计数或完成复杂的逻辑控制任务。计数器的使用方法与定时器基本相似，编程时其各输入端都应有控制信号；应依据设定值及计数器类型来决定动作时刻，以便完成计数控制任务。

S7－200 系列 PLC 有递增计数（CTU）、增/减计数（CTUD）、递减计数（CTD）三类普通计数器，其编号为 C0～C255。计数器的指令类别如表 1－20 所示。

表 1－20　计数器的指令类别

计数器类型	梯　形　图	指　　令	指 令 功 能	数据类型及操作数
递增计数器 CTU	???? CU　CTU R ????－PV	CTU C＊＊＊，PV	在 CU 端输入脉冲上升沿，计数器的当前值增 1 计数。当前值大于或等于预置值（PV）时，计数器状态位置 1。当前值累加的最大值为 32 767。 复位输入（R）有效时，计数器状态位复位（置 0），当前计数值清零	C＊＊＊：字型，常数（0～255） CU、R：位，能流 PV：整数型，VW，IW，QW，MW，SMW，LW，AIW，AC，T，＊VD，＊AC，＊LD，＊SW，常数

续表

计数器类型	梯 形 图	指 令	指令功能	数据类型及操作数
递减计数器 CTD	???? CU CTD LD ????–PV	CTD C ***，PV	复位输入（LD）有效时，计数器把预置值（PV）装入当前值存储器，计数器状态位复位（置0）。 CD端每来一个输入脉冲上升沿，递减计数器的当前值从预置值开始递减计数。当前值等于0时，计数器状态位置位（置1），并停止计数	C ***：字型，常数（0～255） CD、LD：位，能流 PV：整数型，VW，IW，QW，MW，SMW，LW，AIW，AC，T，*VD，*AC，*LD，*SW，常数
增/减计数器 CTUD	???? CU CTUD CD R ????–PV	CTUD C ***，PV	增/减计数器的CU输入端用于递增计数，CD输入端用于递减计数。指令执行时，CU/CD端计数脉冲的上升沿当前值增1/减1计数。当前值大于或等于计数器预置值（PV）时，计数器状态位置1。复位输入（R）有效或执行复位指令时，计数器状态位复位，当前值清零	C ***：字型，常数（0～255） CU、CD、R：位，能流 PV：整数型，VW，IW，QW，MW，SMW，LW，AIW，AC，T，*VD，*AC，*LD，*SW，常数

如图1-55所示是递增计数器的应用梯形图。当I0.0的触点由断开变成接通时，CU端接收一次脉冲，计数器的值加1。当计数值大于或等于设定值3时，计数器C5被置为1，C5的触点接通，Q0.0接通；当复位（R）端的I0.1接通时，计数器C5复位，当前值清零，Q0.0断开。该程序的时序图与语句表如图1-56所示。

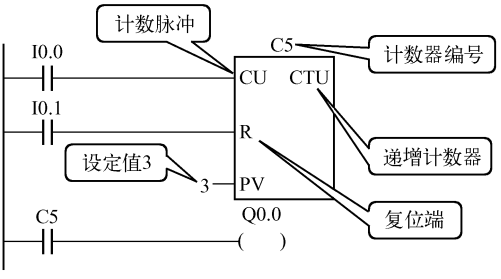
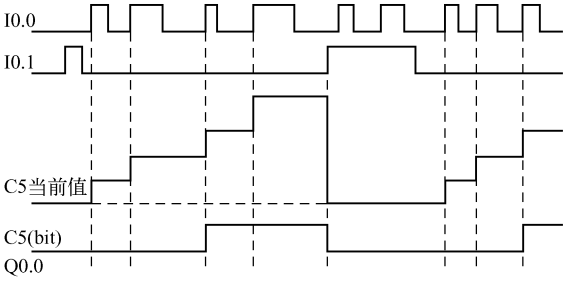


图1-55 递增计数器的应用梯形图



（a）时序图

```
LD    I0.0
LD    I0.1
CTU   C5.3
LD    C5
=     Q0.0
```

（b）语句表

图1-56 递增计数器应用程序的时序图与语句表

如图 1－57 所示是递减计数器的应用梯形图。当 I3.0 的触点由断开变成接通时，CD 端接收一次脉冲，计数器的值减 1。当计数器的值减为 0 时，计数器 C50 的状态被置为 1，C50 的触点接通，Q0.0 接通；当复位（LD）端的 I1.0 接通时，计数器 C50 复位，当前值恢复为设定值，Q0.0 断电。该程序的时序图与语句表如图 1－58 所示。

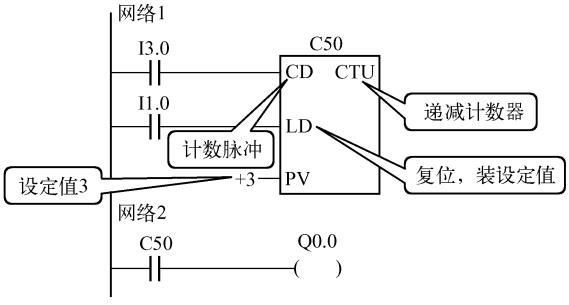


图 1－57　递减计数器的应用梯形图

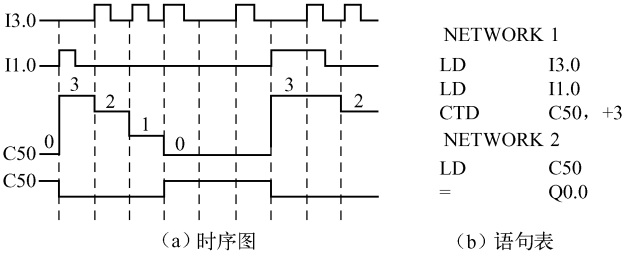


图 1－58　递减计数器应用程序的时序图与语句表

如图 1－59 所示是定时器与计数器组合应用的长延时控制电路的梯形图。

图 1－59 是利用定时器与计数器组合应用来实现长延时电路控制的。当 I0.0 闭合时，T33 的延时范围为 10s，M0.0 每 10s 接通 1 次（用做 C10 的计数脉冲），当达到 C10 的设定值 2 000 时，已实现 2 000 × 10s = 20 000s 的延时。当 C10 的常开触点闭合时，使输出线圈 Q0.0 接通。当 I0.1 闭合时，计数器 C10 复位。根据 I0.0 和 Q0.0 的状态变化，可以得到相应的时序图和所对应的语句表，如图 1－60 所示。

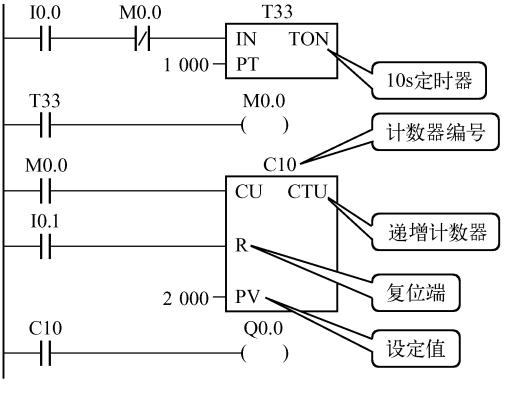


图 1－59　定时器与计数器组合应用的长延时控制电路的梯形图

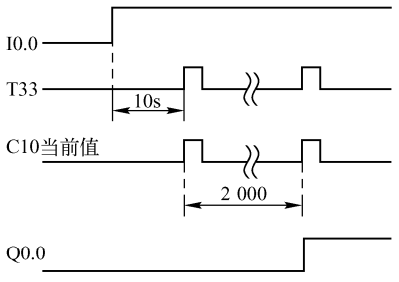


图 1-60　长延时控制电路的时序图与语句表

使用说明：

① 程序中不能重复使用同一个计数器的编号，每个计数器只能使用一次；

② 对于增/减计数指令，当计数达到计数器的最大值 32 767 后，下一个 CU 输入上升沿将使计数值变为最小值（ -32 678）。同样，达到最小值（ -32 678）后，下一个 CU 输入上升沿将使计数值变为最大值（32 767）；

③ 因计数器不能自动复位，故使用时要注意复位。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 1 个输入点，1 个输出点，如表 1-21 所示。

表 1-21　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	EL	指示灯	Q0.0

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，参照图 1-54。

3）程序设计

如图 1-59 所示是定时器与计数器组合应用的长延时控制电路的梯形图。

4）程序的输入与调试

把如图 1-59 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与启动按钮连接起来；将输出端子 Q0.0 与指示灯连接起来。

当 I0.0 闭合时，T33 延时 10s，M0.0 每 10s 接通 1 次（用做 C10 的计数脉冲），当达到 C10 的设定值 2 000 时，C10 的常开触点闭合，使输出线圈 Q0.0 接通，20 000s 的延时后指示灯才亮。当 I0.1 闭合时，计数器 C10 复位，输出线圈 Q0.0 断电复位，指示灯灭。

3. 比较操作指令

比较指令是指在指定的条件下比较两个操作数的大小，当条件成立时，触点闭合。在实际应

用中，比较指令为上、下限位的控制及数值条件的判断提供了方便。比较指令包括相等指令（==）、小于等于指令（<=）、大于等于指令（>=）、大于（>）、小于（<）、不等指令（<>）等。

实例 15　用比较指令控制三台电动机的顺序启动与停止



实例控制要求

利用比较指令来实现三台电动机的顺序启动与停止。要求按下启动按钮后，三台电动机顺序间隔 5s 启动；按下停止按钮后，三台电动机逆序间隔 5s 停止。



基本知识

比较指令的类型有字节比较、整数比较、双字整数比较、实数比较和字符串比较。比较指令的具体介绍如表 1-22 所示。

表 1-22　比较指令表

比较指令类型	字节比较	整数比较	双字整数比较	实数比较	字符串比较
梯形图（梯形图以 == 为例）	IN1 ==B IN2	IN1 ==I IN2	IN1 ==D IN2	IN1 ==R IN2	IN1 ==S IN2
指令	LDB = IN1, IN2 AB = IN1, IN2 OB = IN1, IN2 LAB <= IN1, IN2 AB <= IN1, IN2 OB <= IN1, IN2 LDB >= IN1, IN2 AB >= IN1, IN2 OB >= IN1, IN2 LDB <> IN1, IN2 AB <> IN1, IN2 OB <> IN1, IN2 LDB > IN1, IN2 AB > IN1, IN2 OB > IN1, IN2 LDB < IN1, IN2 AB < IN1, IN2 OB < IN1, IN2	LDW = IN1, IN2 AW = IN1, IN2 OW = IN1, IN2 LAW <= IN1, IN2 AW <= IN1, IN2 OW <= IN1, IN2 LDW >= IN1, IN2 AW >= IN1, IN2 OW >= IN1, IN2 LDW <> IN1, IN2 AW <> IN1, IN2 OW <> IN1, IN2 LDW > IN1, IN2 AW > IN1, IN2 OW > IN1, IN2 LDW < IN1, IN2 AW < IN1, IN2 OW < IN1, IN2	LDD = IN1, IN2 AD = IN1, IN2 OD = IN1, IN2 LAD <= IN1, IN2 AD <= IN1, IN2 OD <= IN1, IN2 LDD >= IN1, IN2 AD >= IN1, IN2 OD >= IN1, IN2 LDD <> IN1, IN2 AD <> IN1, IN2 OD <> IN1, IN2 LDD > IN1, IN2 AD > IN1, IN2 OD > IN1, IN2 LDD < IN1, IN2 AD < IN1, IN2 OD < IN1, IN2	LDR = IN1, IN2 AR = IN1, IN2 OR = IN1, IN2 LAR <= IN1, IN2 AR <= IN1, IN2 OR <= IN1, IN2 LDR >= IN1, IN2 AR >= IN1, IN2 OR >= IN1, IN2 LDR <> IN1, IN2 AR <> IN1, IN2 OR <> IN1, IN2 LDR > IN1, IN2 AR > IN1, IN2 OR > IN1, IN2 LDR < IN1, IN2 AR < IN1, IN2 OR < IN1, IN2	LDS = IN1, IN2 AS = IN1, IN2 OS = IN1, IN2 LDS <> IN1, IN2 AS <> IN1, IN2 OS <> IN1, IN2
指令功能	比较两个字节 IN1 与 IN2，满足条件时，触点接通	比较两个整数 IN1 与 IN2，满足条件时，触点接通	比较两个双字整数 IN1 与 IN2，满足条件时，触点接通	比较两个实数 IN1 与 IN2，满足条件时，触点接通	比较两个字符串，满足条件时，触点接通

如图 1-61 所示是整数比较指令的应用梯形图。当 I0.0 触点由断开变成接通时，CU 端接收一次脉冲，计数器的值加 1。当计数值等于 2 时，即 C5 = 2 时，触点接通，Q0.0 接通；当复位（R）端的 I0.1 接通时，计数器 C5 复位，当前值清零。

如图 1-62 所示为三台电动机顺序启动与停止的梯形图。当按下“启动”按钮后，I0.0

触点闭合，输出线圈 Q0.0 接通，第一台电动机启动。定时器接通延时定时器 T37 开始计时，断开延时定时器 T38 接通，定时器位为 ON，当前值为 0。当 T37 计时到 5s 时，输出线圈 Q0.1 接通，第二台电动机启动。当 T37 计时到 10s 时，输出线圈 Q0.2 接通，第三台电动机顺序启动。按下停止按钮后，I0.1 触点断开，输出线圈 Q0.2 断电，第三台电动机停止，断电延时定时器 T38 开始计时，当计时到达 5s 时，输出线圈 Q0.1 断电复位，第二台电动机停止。当 T38 计时到 10s 时，输出线圈 Q0.0 断电复位，第一台电动机停止。

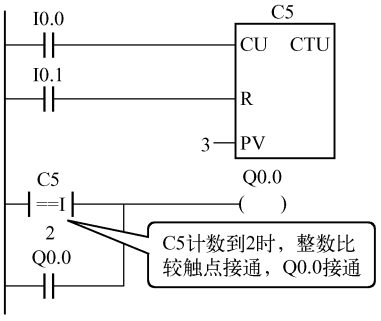


图 1-61　整数比较指令的应用梯形图

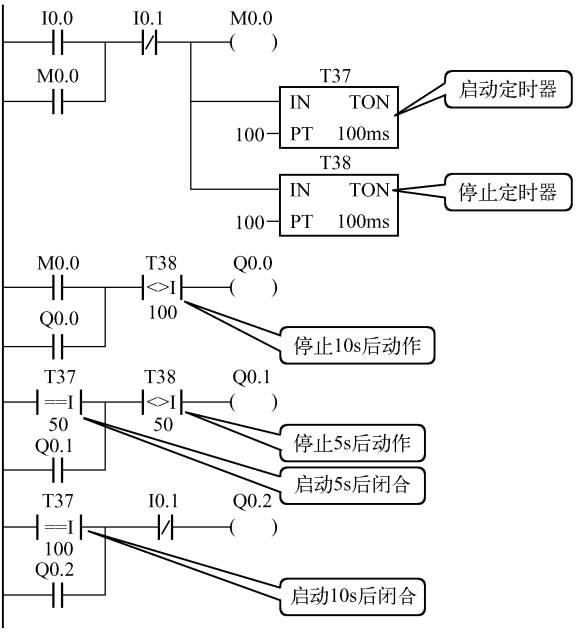


图 1-62　三台电动机顺序启动与停止的梯形图

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 2 个输入点，3 个输出点，如表 1-23 所示。

表 1-23　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	KM1	接触器	Q0.0
SB2	停止按钮	I0.1	KM2	接触器	Q0.1
			KM3	接触器	Q0.2

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-63 所示。

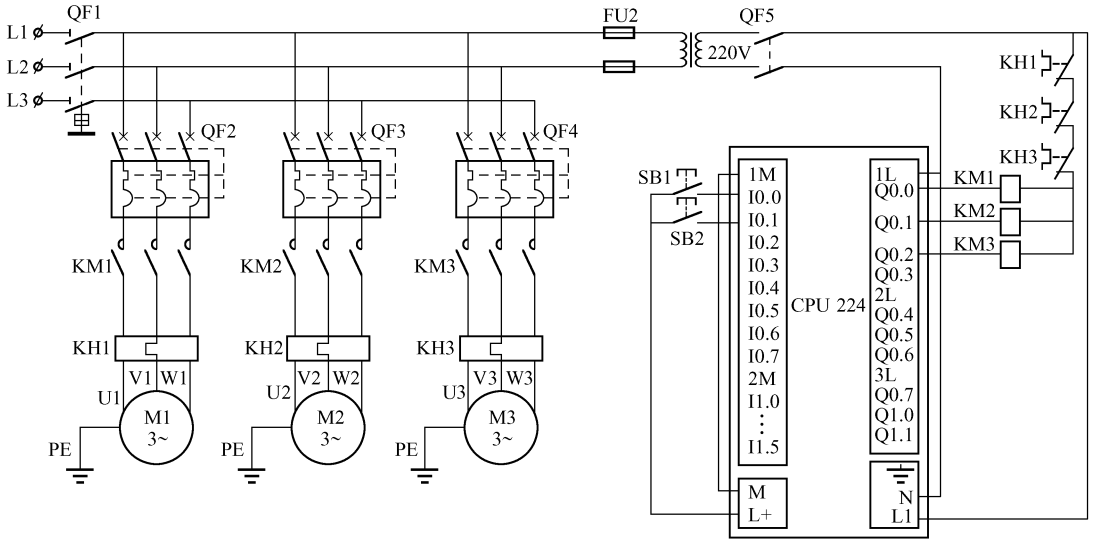


图 1-63　PLC 系统的接线原理图



重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备过载保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

如图 1-62 所示是用比较指令来实现电动机的启动与停止的梯形图。

4）程序的输入与调试

把如图 1-62 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与电动机的启动按钮 SB1 连接起来，将 I0.1 与停止按钮 SB2 连接起来；将输出端子 Q0.0 与控制电动机的接触器 KM1 连接起来，将 Q0.1 与接触器 KM2 连接起来，将 Q0.2 与接触器 KM3 连接起来。

按下启动按钮 SB1，第一台电动机启动运转；5s 以后第二台电动机启动运转；再过 5s 后第三台电动机又启动运转。按下停止按钮 SB2，第三台电动机停止，过 5s 第二台电动机停止，再过 5s 第一台电动机停止。

4. 程序控制指令

程序控制指令主要用于程序流程的控制，它可以使程序结构优化，还可增强程序功能及程序的可读性。它包括跳转指令、循环指令、顺序控制指令、子程序指令、结束及暂停指令和看门狗指令等。

实例 16　跳转指令的应用

实例控制要求

通过本实例学会跳转指令的应用。

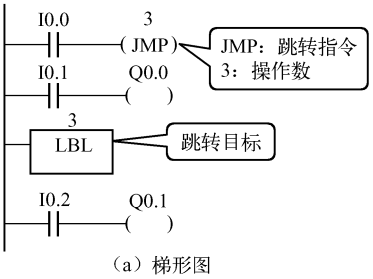
基本知识

利用跳转指令可以根据不同的逻辑条件有选择地执行不同的程序，还可以使程序结构更加灵活，减少扫描时间，从而加快系统响应速度。跳转指令需要与下面两条指令配合使用：跳转开始指令（JMP）和跳转标号指令（LBL）。跳转指令的具体指令介绍如表 1-24 所示。

表 1-24　跳转指令表

指令名称	梯形图	指令	指令功能	数据类型	操作数
跳转开始指令	n —(JMP)—	JMP *n*	使能输入有效时，使程序跳转到指定标号 *n* 处执行；使能输入无效时，程序顺序执行	字型	常数 0 ~ 255
跳转标号指令	n — LBL	LBL *n*	用来标记跳转指令的目的位置		

如图 1-64 所示是跳转指令的应用梯形图及语句表。



（a）梯形图

```
LD    I0.0
JMP   3

LD    I0.1
=     Q0.0

LBL   3

LD    I0.2
=     Q0.1
```

（b）语句表

图 1-64　跳转指令的应用梯形图及语句表

当 I0.0 接通时，JMP 条件满足，程序跳转执行 LBL 3 以后的程序，而在 JMP 和 LBL 3 之间的指令均不执行。也就是说，在此过程中，I0.1 即使接通，Q0.0 也不会接通。只有当 JMP 条件不满足，I0.1 接通时，Q0.0 才会接通。程序的语句表如图 1-64（b）所示。

使用说明：

① 跳转指令 JMP 和 LBL 必须配合应用，并且必须同时出现在同一程序中。不允许从主程序跳到子程序或中断程序，也不允许从子程序跳到主程序或中断程序；

② 在跳转条件中引入上升沿或下降沿脉冲指令时，跳转只能执行一个扫描周期；

③ 在执行跳转后，Q，M，S，C 等元件的位保持跳转前的状态；定时器在跳转期间，分辨率为 1ms 和 10ms 的定时器一直维持原工作状态，原来工作的会继续工作。对于分辨率为 100ms 的定时器而言，在跳转期间它会停止工作，但不会复位，存储器里的值仍为跳转前的值。跳转结束后，若输入条件允许，可继续计时，但失去了准确计时的意义，因此在使用时要慎重。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 3 个输入点，2 个输出点，如表 1-25 所示。

表 1-25 I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	跳转按钮	I0.0	EL1	指示灯	Q0.0
SB2	按钮	I0.1	EL2	指示灯	Q0.1
SB3	按钮	I0.2			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-65 所示。

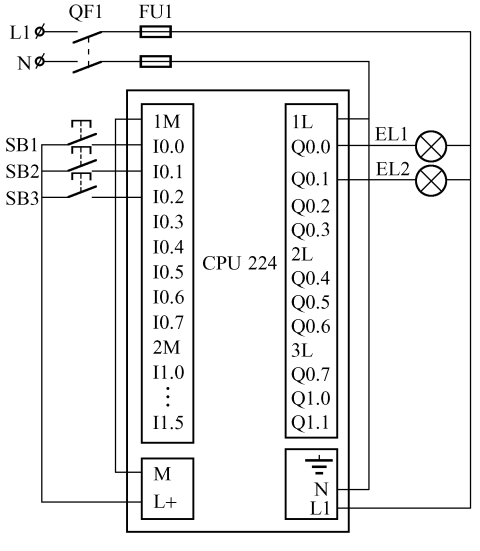


图 1-65 PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

如图 1-64（a）所示是跳转指令的应用梯形图。

4）程序的输入与调试

把如图 1-64（a）所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与跳转按钮 SB1 连

接起来，将输入端子 I0.1 与按钮 SB2 连接起来，将输入端子 I0.3 与按钮 SB3 连接起来；将输出端子 Q0.0 与指示灯 EL1 连接起来，将 Q0.1 与指示灯 EL2 连接起来。

接通 SB1 后，再接通 SB3，此时 Q0.1 接通，指示灯 EL2 亮。也就是说，在此过程中，SB2 即使接通，Q0.0 也不会接通。只有当 SB1 断开，SB2 接通时，Q0.0 才会接通。

实例 17　循环指令的应用

实例控制要求

本实例要求学会循环指令的应用。

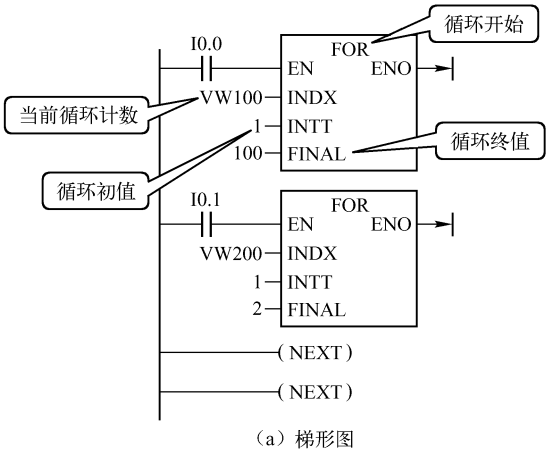
基本知识

循环指令的引入为解决重复执行相同功能的程序提供了极大方便，并且优化了程序结构。特别在进行大量相同功能的计算和逻辑处理时，循环指令非常有用。循环指令有两条：循环开始指令（FOR）和循环结束指令（NEXT）。其具体指令介绍如表 1-26 所示。

表 1-26　循环指令表

指令名称	梯形图	指令	指令功能	数据类型及操作数
循环开始指令	FOR EN　ENO ????—INDX ????—INIT ????—FINAL	FOR INDX，INIT，FINAL	FOR 指令为指令盒格式，主要执行 FOR 和 NEXT 之间的指令，使能输入 EN，当前值计数器为 INDX，循环次数初始值为 INIT，循环计数终值为 FINAL	数据类型：整数 INDX：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，T，C，AC，＊VD，＊LD，＊AC FINAL 和 INIT：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，T，C，AIW，AC，常量，＊VD，＊AC，＊LD
循环结束指令	—(NEXT)	NEXT	循环结束	无

如图 1-66 所示是循环指令应用的梯形图及语句表。当 I0.0 接通时，外层循环执行 100 次；当 I0.1 接通时，内层循环执行 2 次。该程序的语句表如图 1-66（b）所示。



（a）梯形图

```
LD      I0.0
FOR     VW200，1，100

LD      I0.1
FOR     VW200，1，2

NEXT

NEXT
```

（b）语句表

图 1-66　循环指令应用的梯形图及语句表

使用说明：

① FOR 指令必须与 NEXT 指令配套使用；

② 指令允许循环嵌套使用，最多可嵌套 8 层；

③ 每次启用循环指令时，会将初始值 INIT 传送到循环计数 INDX 中。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 2 个输入点，如表 1－27 所示。

表 1－27 I/O 的分配表

输入设备		输入继电器
代　　号	功　　能	
SB1	按钮	I0.0
SB2	按钮	I0.1

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图（原理图略）。

3）程序设计

如图 1－66（a）所示是循环指令的应用梯形图。

4）程序的输入与调试

把如图 1－66（a）所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与按钮 SB1 连接起来，将输入端子 I0.1 与按钮 SB2 连接起来。

当 SB1 接通后，外层循环执行 100 次；当 SB2 接通后，内层循环执行 2 次。

实例 18　手动/自动控制电动机的往返

实例控制要求

通过本实例主要学习对电动机往返的控制，要求有手动和自动两种控制方式。在手动方式下，电动机能正反向启动运行，终端设有限位开关。在自动方式下，电动机从左端行进至右端限位处，延时 5s 后，小车反向向左运行，行进至左端限位处，延时 5s 后再向右运行，自动往返。按下停止按钮后，电动机应停止。

基本知识

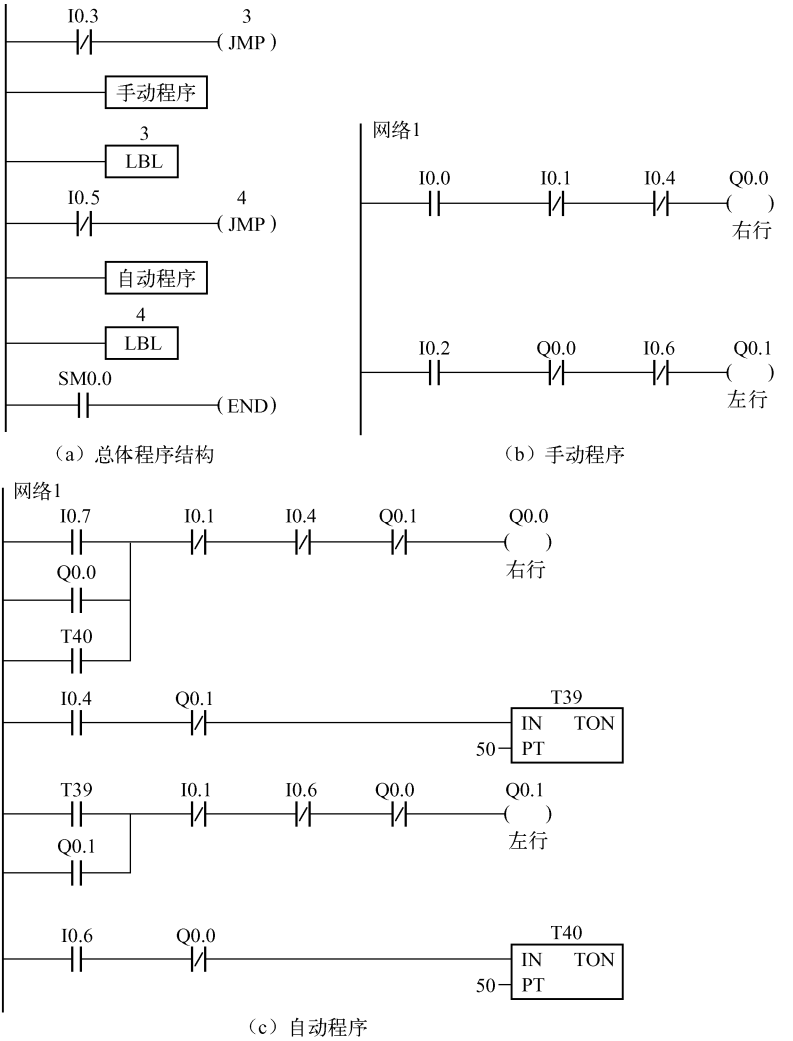
如图 1－67 所示是手动/自动控制电动机的往返梯形图。其编程思路如下。

① 总体程序：如图 1－67（a）所示，当选择开关接通手动操作方式时，图中的 I0.3 常闭触点断开，执行手动程序；当 I0.5 触点闭合时，跳过自动程序不执行。若选择开关接通自动操作方式时，图中的 I0.3 触点闭合，I0.5 触点断开，执行自动程序。

② 在手动操作方式下，如图 1－67（b）所示，当右行按钮的 I0.0 触点闭合时，输出线

圈 Q0.0 接通，电动机右行；当左行按钮的 I0.2 触点闭合时，输出线圈 Q0.1 接通，电动机左行。I0.4 与 I0.6 为限位开关输入触点。

③ 在自动操作方式下，如图 1-67（c）所示，当自动启动按钮 I0.7 闭合时，小车从开始位置启动，输出线圈 Q0.0 接通，电动机右行，右行到限位开关 I0.4 处，Q0.0 线圈断电，电动机停转。同时 T39 延时 5s。当计时时间到时，T39 的触点闭合，输出线圈 Q0.1 接通，电动机左行，左行到限位开关 I0.6 处，Q0.1 线圈断电，电动机停转。同时 T40 定时器接通延时 5s 后，T40 的触点闭合，接通 Q0.0 继电器，电动机再次向右实现自动运行。当按下停止按钮 I0.1 后，电动机停转。



（a）总体程序结构　　（b）手动程序

（c）自动程序

图 1-67　手动/自动控制电动机的往返梯形图

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 8 个输入点，2 个输出

点，如表 1-28 所示。

表 1-28 I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	右行手动按钮	I0.0	KM1	电机右行	Q0.0
SB2	停止按钮	I0.1	KM2	电机左行	Q0.1
SB3	左行手动按钮	I0.2			
S	手动方式开关	I0.3			
SQ1	右端限位	I0.4			
S	自动方式开关	I0.5			
SQ2	左端限位	I0.6			
SB4	自动启动按钮	I0.7			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-68 所示。

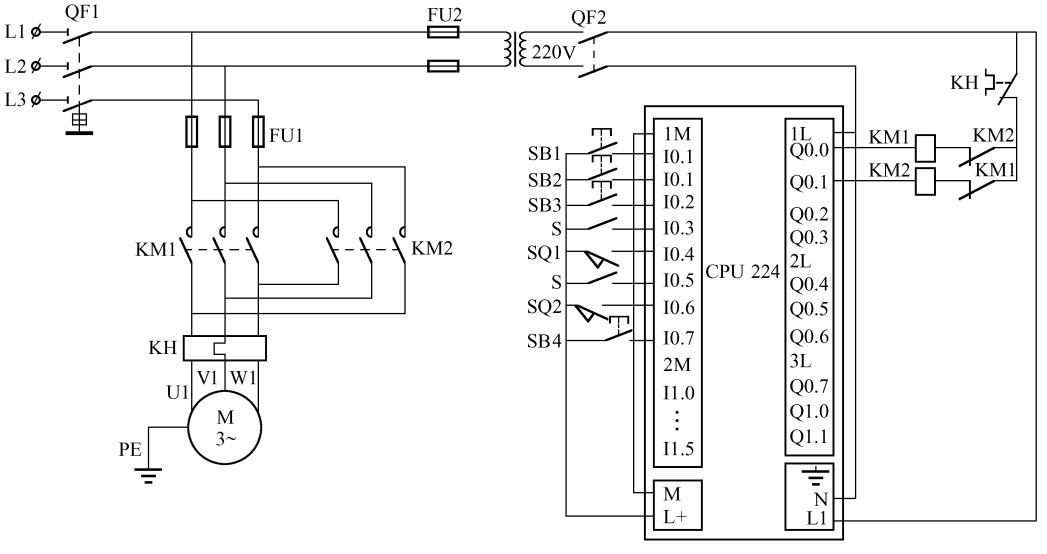


图 1-68 PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

注意：本实例中暂不对元器件的选择提出要求。

3）程序设计

梯形图如图 1-67 所示。

4）程序的输入与调试

把如图 1-67 所示的程序传入 PLC 后，按图连接好线路。首先进行手动调试，然后再进行自动调试。

实例 19　子程序的应用

S7 -200 PLC 的指令系统中拥有简单、方便、灵活的子程序调用指令，它在结构化程序设计中是一种方便、有效的工具。子程序指令包括子程序调用指令、子程序有条件返回指令和带参数的子程序调用指令。下面通过实例来学习子程序指令的应用。

实例控制要求

本实例要求学会子程序的应用。

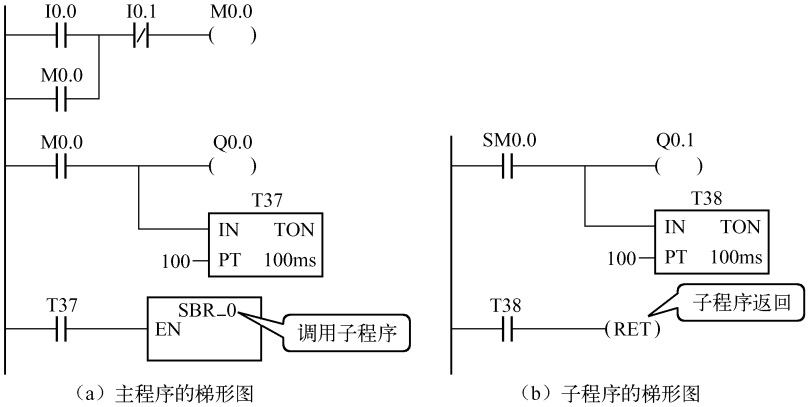
基本知识

在编写程序时，为了使程序结构优化、灵活，可以将重复的程序编写成一个子程序，在满足执行条件时，从主程序转去执行子程序。当子程序执行完毕后，再返回主程序继续执行。子程序指令的介绍如表 1-29 所示。

表 1-29　子程序指令表

子程序指令名称	梯　形　图	指　　令	指 令 功 能	数据类型及操作数
子程序调用指令	SBR_0 EN	CALL SBR0	调用子程序	数据类型：布尔型（BOOL） 操作数：I，Q，M，SM，AI，AQ，V，T，C，S，AC
子程序有条件返回指令	—(RET)	CRET	结束子程序，返回主程序	

如图 1-69 所示是子程序指令的应用梯形图。



（a）主程序的梯形图　　（b）子程序的梯形图

图 1-69　子程序指令的应用梯形图

在图 1-69 中，子程序的调用是在主程序内使用子程序调用指令完成的。在操作过程中

需要先建立子程序。子程序的建立是通过编程软件来完成的。当 I0.0 接通，Q0.0 输出，T37 延时 10s 后，调用子程序；当 T38 延时 10s 后返回主程序。

使用说明：

① 在主程序中，可以嵌套调用子程序（在子程序中调用子程序），最多嵌套 8 层。在中断服务程序中，不能嵌套调用子程序；

② 在被中断服务程序调用的子程序中不能再出现子程序调用。不禁止递归调用（子程序调用自己），因此在使用带子程序的递归调用时应慎重；

③ 调用子程序时可以带参数也可以不带参数。子程序最多可传递 6 个参数，传递的参数在子程序局部变量表中定义。子程序执行完成后，控制权返回给调用子程序的指令的下一条指令。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求先确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 2 个输入点，2 个输出点，如表 1－30 所示。

表 1－30　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	跳转按钮	I0.0	EL1	指示灯	Q0.0
SB2	停止按钮	I0.1	EL2	指示灯	Q0.1

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1－70 所示。

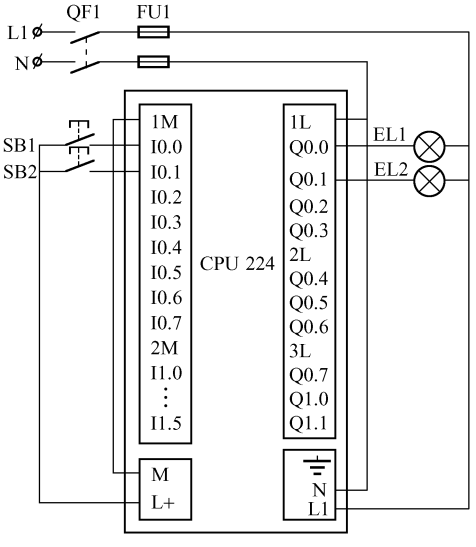


图 1－70　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

注意：本实例中暂不对元器件的选择提出要求。

3）程序设计

如图 1-69 所示是子程序指令的应用梯形图。

4）程序的输入与调试

把如图 1-69 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与跳转按钮 SB1 连接起来，将输入端子 I0.1 与停止按钮 SB2 连接起来；将输出端子 Q0.0 与指示灯 EL1 连接起来，将 Q0.1 与指示灯 EL2 连接起来。

当 SB1 接通后，Q0.0 接通，指示灯 EL1 亮，延时 10s 后调用子程序 SBR0，Q0.1 接通，指示灯 EL2 亮。当 SB2 接通后，Q0.0 和 Q0.1 断电，指示灯灭。

5. 数据传送指令

S7 - 200CPU 指令系统为存储单元之间数据的传递提供了数据传送指令。它包括单一传送、块传送指令。下面通过实例来学习数据传送指令的应用。

实例 20　数据传送指令的应用

实例控制要求

本实例学习数据传送指令的应用。

基本知识

数据传送指令可根据每次传送数据的多少，分为单一传送指令和块传送指令。

1）单一传送指令

运用单一传送指令可以进行一个数据的传送，其数据类型可以是一字节、字、双字和实数。其具体指令介绍如表 1-31 所示。

表 1-31　单一传送指令表

单一传送指令	梯　形　图	指　　令	指 令 功 能	数据类型及操作数
字节传送	MOV_B EN　ENO ????—IN　OUT—????	MOVB IN，OUT	使能输入（EN）有效时，将 1 个无符号的单字节数据 IN 传送到 OUT 中	数据类型：字节 IN/OUT 操作数：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，SB，AC，＊VD，＊AC，＊LD 和常数（注：OUT 操作数没有常数）

续表

单一传送指令	梯 形 图	指 令	指令功能	数据类型及操作数
字传送	MOV_W EN ENO ????－IN OUT－????	MOVW IN，OUT	使能输入（EN）有效时，将 1 个无符号的单字长数据 IN 传送到 OUT 中	数据类型：字 IN/OUT 操作数：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，AC，＊VD，＊AC，＊LD，T，C，常数（注：OUT 操作数中没有常数）
双字传送	MOV_DW EN ENO ????－IN OUT－????	MOVD IN，OUT	使能输入（EN）有效时，将 1 个有符号的双字长数据传送到已输出字节 OUT 中	数据类型：双字 IN/OUT 操作数：VD，ID，QD，MD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数（注：OUT 操作数中没有常数）
实数传送	MOV_R EN ENO ????－IN OUT－????	MOVR IN，OUT	使能输入（EN）有效时，将 1 个有符号的双字长实数数据传送到 OUT 中	数据类型：实数 IN/OUT 操作数：VD，ID，QD，MD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数（注：OUT 操作数中没有常数）

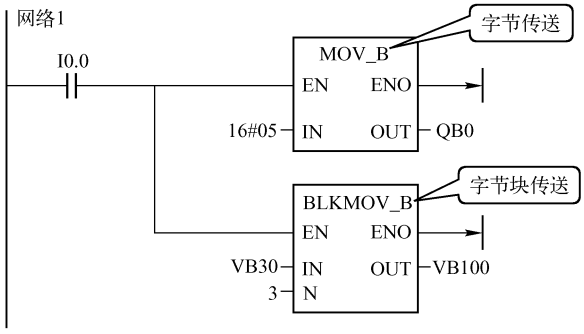
2）块传送指令

块传送指令用于一次传送多个数据，可将最多达 255 个的数据组成 1 个数据块。数据块的类型分为字节块、字块和双字块。其具体指令的介绍如表 1-32 所示。

表 1-32 块传送指令表

块传送指令	梯 形 图	指 令	指令功能	数据类型及操作数
字节块传送	BLKMOV_B EN ENO ????－IN OUT－???? ????－N	BMB IN，OUT，N	使能输入（EN）有效时，把从输入（IN）字节开始的 *N* 个字节数据传送到以输出字节（OUT）开始的 *N* 个字节存储单元中	数据类型：字节 IN/OUT 操作数：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，HC，＊VD，＊AC，＊LD N 操作数：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，LD
字块传送	BLKMOV_W EN ENO ????－IN OUT－???? ????－N	BMW IN，OUT，N	使能输入（EN）有效时，把从输入（IN）字节开始的 *N* 个字节数据传送到以输出字节（OUT）开始的 *N* 个字存储单元中	数据类型：双字 IN/OUT 操作数：VW，IW，QW，MW，AIW，SMW，LW，AC，AQW，HC，＊VD，＊AC，＊LD，T，C N 数据类型：字节 操作数：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，＊LD
双字块传送	BLKMOV_D EN ENO ????－IN OUT－???? ????－N	BMD IN，OUT，N	使能输入（EN）有效时，把从输入（IN）字节开始的 *N* 个字节数据传送到以输出字节（OUT）开始的 *N* 个双字存储单元中	数据类型：双字块 IN/OUT 操作数：VD，ID，QD，MD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD N 数据类型：字节 操作数：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，＊LD 和常数

如图 1-71 所示是数据传送指令的应用梯形图及语句表。



（a）梯形图

```
LD      I0.0
MOVB    16#05，QB0
BMB     V30，VB100，3
```

（b）语句表

图 1-71　数据传送指令的应用梯形图及语句表

当 I0.0 闭合时，会把 16#05 的数据传送到 QB0 字节中，输出线圈 Q0.0 和 Q0.2 接通（在原理图中，这里原理图省略）。在字节块传输过程中，从 VB30 开始的 3 字节型数据会被传送到以 VB100 开始的 3 字节存储器单元中。该程序的语句表如图 1-71（b）所示。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 1 个输入点，2 个输出点，如表 1-33 所示。

表 1-33　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出继电器
代　号	功　能		
SB1	按钮	I0.0	Q0.0
		I0.1	Q0.2

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图（原理图略）。

3）程序设计

梯形图如图 1-71（a）所示。

4）程序的输入与调试

把如图 1-71（a）所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与按钮 SB1 连接起来。

当 SB1 接通后，输出线圈 Q0.0 和 Q0.2 接通。从 VB30 开始的 3 字节数据会被传送到以 VB100 开始的 3 字节存储器单元中。可利用编程软件中的元件来监视、观察其变化情况。

6. 移位操作指令

移位操作指令在 PLC 控制中是比较常用的。根据移位的数据长度，移位操作指令可分为字节型移位、字型移位和双字型移位；根据移位的方向可分为左移和右移，还可进行循环左移和循环右移。下面通过实例来学习移位操作指令的应用。

实例 21　单按钮控制彩灯循环

实例控制要求

利用单按钮控制彩灯循环。要求当第一次按下按钮时为启动彩灯右循环，循环移动周期为 1s；第二次按下时为停止循环。以此类推，奇数次启动，偶数次停止。彩灯初始值为 00000101。

基本知识

移位指令的具体介绍如表 1－34 所示。

表 1－34　移位指令表

移位指令	梯形图	指令	指令功能	数据类型及操作数
字节左移指令 SLB	SHL_B EN ENO ????－IN OUT－???? ????－N	SLB OUT，N	当输入 EN 有效时，将字节型输入数据 IN 左移 N 位（$N \leqslant 8$）及右端移出位补 0 后，再送到 OUT 指定的字节存储单元中	数据类型：字节 IN/N：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数 OUT：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，＊LD
字节右移指令 SRB	SHR_B EN ENO ????－IN OUT－???? ????－N	SRB OUT，N	当输入 EN 有效时，将字节型输入数据 IN 右移 N 位（$N \leqslant 8$）及左端移出位补 0 后，再送到 OUT 指定的字节存储单元中	
字左移指令 SLW	SHL_W EN ENO ????－IN OUT－???? ????－N	SLW OUT，N	当允许输入 EN 有效时，将字型输入数据 IN 左移 N 位（$N \leqslant 16$）后送到 OUT 指定的字存储单元中	IN/OUT 数据类型：字 操作数：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，AIW，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数（注：OUT 操作数中没有常数） N 数据类型：字节 操作数：VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数
字右移指令 SRW	SHR_W EN ENO ????－IN OUT－???? ????－N	SRW OUT，N	当输入 EN 有效时，将字型输入数据 IN 右移 N 位（$N \leqslant 16$）后送到 OUT 指定的字存储单元中	
双字左移指令 SLD	SHL_DW EN ENO ????－IN OUT－???? ????－N	SLD OUT，N	当输入 EN 有效时，将双字型输入数据 IN 左移 N 位（$N \leqslant 32$）后送到 OUT 指定的双字存储单元中	IN/OUT 数据类型：双字 操作数：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，HC，AC，＊VD，＊AC，＊LD 和常数（注：OUT 操作数中没有常数） N 数据类型：字节 操作数：VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数
双字右移指令 SRD	SHR_DW EN ENO ????－IN OUT－???? ????－N	SRD OUT，N	当输入 EN 有效时，将双字型输入数据 IN 右移 N 位（$N \leqslant 32$）后送到 OUT 指定的双字存储单元中	

使用说明：

① 被移位的数据是无符号的；

② 在移位时，存放被移位数据的编程元件的移出端应与特殊继电器 SM1.1 连接起来，移出位进入 SM1.1（溢出），另一端自动补 0，如图 1-72 所示；

③ 移位次数 N 与移位数据的长度有关，如 N 小于实际的数据长度，则执行 N 次移位；如 N 大于数据长度，则执行移位的次数等于实际数据长度的位数。

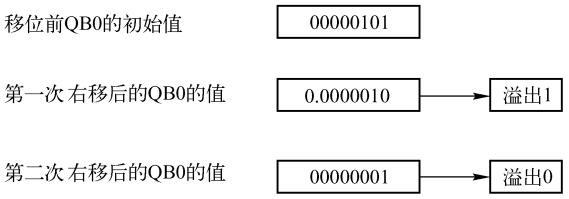


图 1-72　字节右移位示意图

循环移位指令的具体介绍如表 1-35 所示。

表 1-35　循环移位指令表

循环移位指令	梯　形　图	指　　令	指 令 功 能	数据类型及操作数
字节循环左移 ROL－B	ROL_B EN　ENO ????－IN　OUT－???? ????－N	RLB OUT，N	当输入 EN 有效时，将字节型输入数据 IN 左移 N 位（$N \leqslant 8$）及右端移出位补 0 后，再送到 OUT 指定的字节存储单元中	数据类型：字节 IN/N：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数 OUT：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，＊LD
字节循环右移指令 ROR－B	ROR_B EN　ENO ????－IN　OUT－???? ????－N	RRB OUT，N	当输入 EN 有效时，将字节型输入数据 IN 右移 N 位（$N \leqslant 8$）及左端移出位补 0 后，再送到 OUT 指定的字节存储单元中	
字循环左移指令 ROL－W	ROL_W EN　ENO ????－IN　OUT－???? ????－N	RLW OUT，N	当允许输入 EN 有效时，将字型输入数据 IN 左移 N 位（$N \leqslant 16$）送到 OUT 指定的字存储单元中	IN/OUT 数据类型：字 操作数：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，AIW，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数（注：OUT 操作数中没有常数） N 数据类型：字节 操作数：VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数
字循环右移指令 ROR－W	ROR_W EN　ENO ????－IN　OUT－???? ????－N	RRW OUT，N	当输入 EN 有效时，将字型输入数据 IN 右移 N 位（$N \leqslant 16$）后送到 OUT 指定的字存储单元中	
双字循环左移指令 ROL－DW	ROL_DW EN　ENO ????－IN　OUT－???? ????－N	RLD OUT，N	当输入 EN 有效时，将双字型输入数据 IN 左移 N 位（$N \leqslant 32$）后送到 OUT 指定的双字存储单元中	IN/OUT 数据类型：双字 操作数：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，HC，AC，＊VD，＊AC，＊LD 和常数（注：OUT 操作数中没有常数） N 数据类型：字节 操作数：VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数
双字循环右移指令 ROR－DW	ROR_DW EN　ENO ????－IN　OUT－???? ????－N	RRD OUT，N	当输入 EN 有效时，将双字型输入数据 IN 右移 N 位（$N \leqslant 32$）后送到 OUT 指定的双字存储单元中	

如图 1-73 所示为单按钮控制彩灯循环的梯形图。

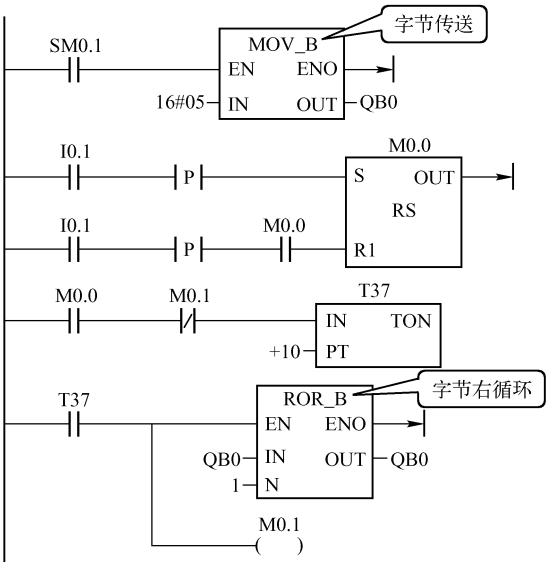


图 1-73　单按钮控制彩灯循环的梯形图

在该程序中，SM0.1 是个特殊继电器，在 PLC 上电时，SM0.1 直接导通一个扫描周期。把彩灯的初始值 00000101 传送到 QB0 中，此时 Q0.0 和 Q0.2 线圈接通，彩灯亮。第一次按下启动按钮，I0.1 闭合，使继电器 M0.0 置位，T37 定时器开始计时，1s 时间到后，右循环移位 1 位，此时 Q0.1 和 Q0.7 接通，彩灯亮，如此每隔 1s 彩灯右循环移位 1 位。第二次按下按钮，继电器复位，停止移位。彩灯循环示意图如图 1-85 所示。

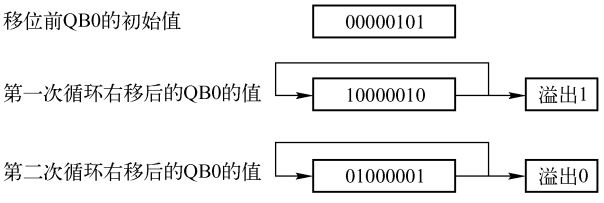


图 1-74　彩灯循环示意图

循环移位的使用说明：

① 被移位的数据是无符号的；

② 在移位时，存放被移位数据的编程元件的移出端既与另一端连接，又与特殊继电器 SM1.1 连接，移出位在被移到另一端的同时也进入 SM1.1（溢出）；

③ 移位次数 *N* 与移位数据的长度有关，如 *N* 小于实际的数据长度，则执行 *N* 次移位；如 N 大于数据长度，则执行移位的次数等于实际数据长度的位数。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 1 个输入点，8 个输出点，如表 1-36 所示。

表 1-36　I/O 的分配表

输入继电器	功　　能	输出继电器	功　　能
I0.1	启动/停止循环按钮	QB0（Q0.0 ~ Q0.7）	控制 8 个彩灯

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-75 所示。

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

如图 1-73 所示为单按钮控制彩灯循环的梯形图。

4）程序的输入与调试

把如图 1-73 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与按钮 SB1 连接起来，将输出端子 Q0.0 ~ Q0.7 与指示灯 EL1 ~ EL8 连接起来。

第一次接通 SB1 后，I0.0 接通，QB0 按照要求右循环，指示灯循环点亮；第二次接通 SB1 后，QB0 复位，指示灯灭。

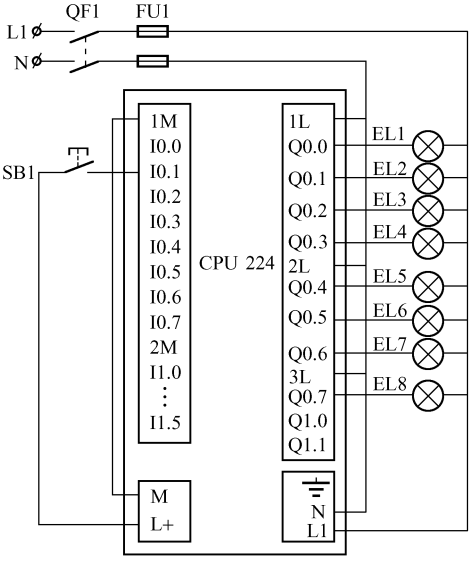


图 1-75　PLC 系统的接线原理图

7. 运算指令

随着计算机的发展，PLC 的运算功能越来越强大，从而扩展了 PLC 的应用领域。运算指令主要包括算数运算指令和逻辑运算指令，其中算数运算指令包括加法、减法、乘法、除法及一些常用的函数运算指令；逻辑运算指令包括逻辑与、逻辑或、逻辑非和逻辑异或等指令。下面通过实例来学习运算指令的应用。

实例 22　逻辑运算指令的应用

实例控制要求

本实例要求学会逻辑运算指令的应用。

基本知识

逻辑运算是对无符号数进行的逻辑处理，主要包括逻辑与、逻辑或、逻辑异或和取反等运算。如表 1-37 所示是逻辑运算指令表。

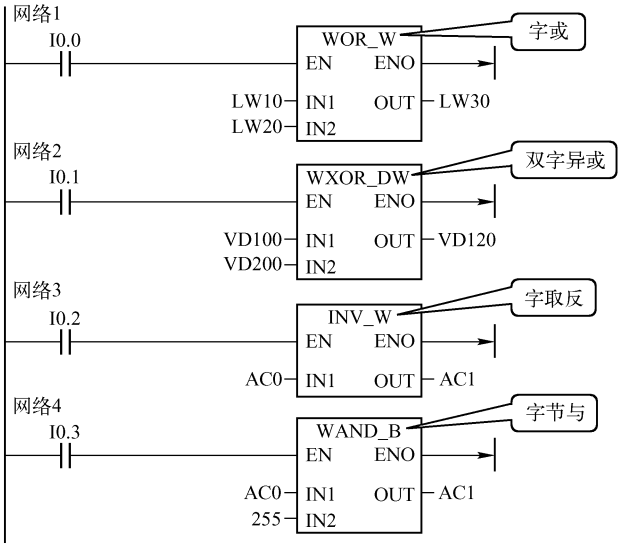
表 1-37 逻辑运算指令表

逻辑运算指令	梯 形 图	指 令	指令功能	数据类型及操作数
字节与	WAND_B EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	ANDB IN1，OUT	使能输入有效时，把两个字节长的输入逻辑数按位相与，得到的一个字节逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	数据类型：字节 IN1/IN2 操作数：VB，MB，IB，QB，SB，SMB，LB，AC，*VD，*AC，*LD，常数 OUT：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，*VD，*AC，*LD
字节或	WOR_B EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	ORB IN1，OUT	使能输入有效时，把两个字节长的输入逻辑数按位相或，得到的一个字节逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	
字节异或	WXOR_B EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	XORB IN1，OUT	使能输入有效时，把两个字节长的逻辑数按位异或，得到的一个字节逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	
字节取反	INV_B EN ENO ????—IN OUT—????	INVB OUT	使能输入有效时，把 1 个字节长的逻辑数按位取反，得到的 1 个字节逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	
字与	WAND_W EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	ANDW IN1，OUT	使能输入有效时，把两个字长的输入逻辑数按位相与，得到的一个字逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	数据类型：字 IN1/IN2 操作数：VW，MW，IW，QW，SW，SMW，LW，AC，*VD，*AC，*LD，T，C，常数 OUT：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，AC，*VD，*AC，*LD，T，C
字或	WOR_W EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	ORW IN1，OUT	使能输入有效时，把两个字长的输入逻辑数按位相或，得到的一个字逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	
字异或	WXOR_W EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	XORW IN1，OUT	使能输入有效时，把两个字长的输入逻辑数按位异或，得到的一个字逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	
字取反	INV_W EN ENO ????—IN OUT—????	INVW OUT	使能输入有效时，把一个字长的输入逻辑数按位取反，得到的一个字逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	
双字与	WAND_D EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	ANDD IN1，OUT	使能输入有效时，把两个双字长的输入逻辑数按位相与，得到的一个双字长逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	数据类型：双字 IN1/IN2 操作数：VD，MD，ID，QD，SMD，LD，AC，HC，*VD，*AC，*LD，常数 OUT：VD，ID，QD，MD，SMD，LD，AC，*VD，*AC，*LD
双字或	WOR_D EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	ORD IN1，OUT	使能输入有效时，把两个双字长的输入逻辑数按位相或，得到的一个双字长逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	

续表

逻辑运算指令	梯　形　图	指　　令	指 令 功 能	数据类型及操作数
双字异或	WXOR_D EN　ENO ????—IN1　OUT—???? ????—IN2	XORD IN1，OUT	使能输入有效时，把两个双字长的输入逻辑数按位异或，得到的 1 个双字长逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	数据类型：双字 IN1/IN2 操作数：VD，MD，ID，QD，SMD，LD，AC，HC，＊VD，＊AC，＊LD，常数 OUT：VD，ID，QD，MD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD
双字取反	INV_D EN　ENO ????—IN　OUT—????	INVD OUT	使能输入有效时，把 1 个双字长的输入逻辑数按位取反，得到的 1 个双字长逻辑运算结果送到 OUT 指定的存储器单元输出	

如图 1-76 所示是逻辑运算指令的应用梯形图及语句表。



（a）梯形图

```
LD      I0.0
MOVW  LW10，LW30
ORW   LW20，LW30
NETWORK 2
LD      I0.1
MOVD  VD100，VD120
XORD  VD200，VD120
NETWORK 3
LD      I0.2
MOVW  AC0，AC1
INVW  AC1
NETWORK 4
LD      I0.3
MOVB  AC0，AC1
ANDB  255，AC1
```

（b）语句表

图 1-76　逻辑运算指令的应用梯形图及语句表

当 I0.0 接通时，将两个输入字 LW10 和 LW20 中的内容按位相或后，把结果输出到 LW30 中；当 I0.1 接通时，将两个输入双字 VD100 和 VD200 中的内容按位相异或后，把结果输出到 VD120 中；当 I0.2 接通时，将输入字 AC0 中的内容按位取反后，把结果输出到 AC1 中；当 I0.3 接通时，将 AC0 中的内容和 255 相与后，把结果输出到 AC1 中。该程序的语句表如图 1-88（b）所示。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 4 个输入点，如表 1-38 所示。

表 1-38 I/O 的分配表

输入设备		输入继电器
代 号		功 能
SB1	启动按钮	I0.0
SB2	启动按钮	I0.1
SB3	启动按钮	I0.2
SB4	启动按钮	I0.3

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图（原理图略）。

3）程序设计

梯形图如图 1-76（a）所示。

4）程序输入与调试

把如图 1-76（a）所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 ~ I0.3 与按钮 SB1 ~ SB4分别连接起来。

分别接通各个按钮，可利用软件中的元件来监视、观察变化情况。

实例 23 利用四则运算控制彩灯的闪烁

实例控制要求

利用四则运算指令中的乘法指令控制 8 位彩灯的双数灯逐盏点亮。

基本知识

增减指令又称自动加 1 或自动减 1 指令。其数据类型有字节、字、双字。该指令的具体介绍如表 1-39 所示。

表 1-39 增减指令表

增减指令	梯形图	指令	功能	数据类型及操作数
字节加 1	INC_B EN ENO ????－IN OUT－????	INCB OUT	使能输入有效时，把一字节长的无符号输入数（IN）加 1，得到一字节的无符号输出结果 OUT。执行的结果为 IN + 1 = OUT	数据类型：字节 IN：VB，MB，IB，QB，SB，SMB，LB，AC，*VD，*AC，*LD，常数 OUT：VB，IB，QB，MB，SMB，SB，LB，AC，*VD，*AC，*LD
字节减 1	DEC_B EN ENO ????－IN OUT－????	DECB OUT	使能输入有效时，把一字节长的无符号输入数（IN）减 1，得到一字节的无符号输出结果 OUT。执行的结果为 IN - 1 = OUT	

续表

逻辑运算指令	梯　形　图	指　　令	指 令 功 能	数据类型及操作数
字加 1	INC_W EN　ENO ????—IN　OUT—???? ????—IN	INCW OUT	使能输入有效时，把一字长的有符号输入数（IN）加 1，得到一字长的有符号输出结果 OUT。执行的结果为 IN + 1 = OUT	数据类型：字 IN：VW，MW，IW，QW，SW，SMW，LW，AC，*VD，*AC，*LD，常数 OUT：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，AC，*VD，*AC，*LD
字减 1	DEC_W EN　ENO ????—IN　OUT—???? ????—IN	DECW OUT	使能输入有效时，把一字长的有符号输入数（IN）减 1，得到一字长的有符号输出结果 OUT。执行的结果为 IN - 1 = OUT	
双字加 1	DEC_DW EN　ENO ????—IN　OUT—???? ????—IN	INCD OUT	使能输入有效时，把双字长（32 位）的有符号输入数（IN）加 1，得到双字长的有符号输出结果 OUT。执行的结果为 IN + 1 = OUT	数据类型：双字 IN：VD，MD，ID，QD，SD，SMD，LD，AC，*VD，*AC，*LD，常数 OUT：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，*VD，*AC，*LD
双字减 1	DEC_DW EN　ENO ????—IN　OUT—???? ????—IN	DECD OUT	使能输入有效时，把双字长的有符号输入数（IN）减 1，得到双字长的有符号输出结果 OUT。执行的结果为 IN - 1 = OUT	

加法/减法指令是指对两个有符号的数进行加/减操作，可分为整数加/减、双整数加/减和实数加/减指令。指令的具体介绍如表 1-40 所示。

表 1-40　加法/减法指令表

加法/减法指令	梯　形　图	指　　令	功　　能	数据类型及操作数
整数加法	ADD_I EN　ENO ????—IN1　OUT—???? ????—IN2	+ I IN1，OUT	使能输入有效时，将两个单字长（16 位）的符号整数 IN1 和 IN2 相加，产生一个 16 位整数结果 OUT	数据类型：整数 IN1/IN2：VW，MW，IW，QW，SW，SMW，LW，AC，*VD，*AC，*LD，T，C，AIW，常数 OUT：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，AC，T，C，*VD，*AC，*LD
整数减法	SUB_I EN　ENO ????—IN1　OUT—???? ????—IN2	- I IN2，OUT	使能输入有效时，将两个单字长（16 位）的符号整数 IN1 和 IN2 相减，产生一个 16 位整数结果 OUT	
双整数加法	ADD_DI EN　ENO ????—IN1　OUT—???? ????—IN2	+ D IN1，OUT	使能输入有效时，将两个双字长（32 位）的符号双整数 IN1 和 IN2 相加，产生一个 32 位双整数结果 OUT	数据类型：双整数 IN1/IN2：VD，MD，ID，QD，SD，SMD，LD，AC，*VD，*AC，*LD，HC，常数 OUT：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，*VD，*AC，*LD
双整数减法	SUB_DI EN　ENO ????—IN1　OUT—???? ????—IN2	- D IN2，OUT	使能输入有效时，将两个双字长（32 位）的符号双整数 IN1 和 IN2 相减，产生一个 32 位双整数结果 OUT	

续表

逻辑运算指令	梯 形 图	指 令	指令功能	数据类型及操作数
实数加法	ADD_R EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	＋R IN1，OUT	使能输入有效时，将两个双字长（32 位）的实数 IN1 和 IN2 相加，产生一个 32 位实数结果 OUT	数据类型：实数 IN1/IN2：VD，MD，ID，QD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数 OUT：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD
实数减法	SUB_R EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	－R IN2，OUT	使能输入有效时，将两个双字长（32 位）的实数 IN1 和 IN2 相减，产生一个 32 位实数结果 OUT	

乘/除法指令是指对两个有符号数进行相乘/除运算，可分为整数乘/除法指令、双整数乘/除法指令、完全整数乘/除法指令及实数乘/除法指令。指令的具体介绍如表 1-41 所示。

表 1-41 整数乘/除法指令

乘/除法指令	梯 形 图	指 令	功 能	数据类型及操作数
整数乘法	MUL_I EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	×I IN1，OUT	使能输入有效时，将两个单字长（16 位）的符号整数 IN1 和 IN2 相乘，产生一个 16 位整数结果 OUT。这里的 IN2 与 OUT 是同一个存储单元	数据类型：整数 IN1/IN2：VW，MW，IW，QW，SW，SMW，LW，AC，＊VD，＊AC，＊LD，T，C，AIW，常数 OUT：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，AC，T，C，＊VD，＊AC，＊LD
整数除法	DIV_I EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	/I IN2，OUT	使能输入有效时，用字型有符号整数 IN1 除以 IN2，产生一个字整数商 OUT。这里的 IN1 与 OUT 是同一个存储单元	
双整数乘法	MUL_DI EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	×D IN1，OUT	使能输入有效时，将两个单字长（16 位）的符号整数 IN1 和 IN2 相乘，产生一个双字整数结果 OUT。这里的 IN2 与 OUT 是同一个存储单元	数据类型：双整数 IN1/IN2：VD，MD，ID，QD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD，HC，常数 OUT：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD
双整数除法	DIV_DI EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	/D IN2，OUT	使能输入有效时，将双字长有符号整数 IN1 除以 IN2，产生一个字整数商 OUT。这里的 IN1 与 OUT 是同一个存储单元	
完全整数乘法	MUL EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	MUL IN1，OUT	使能输入有效时，将两个字长的符号整数 IN1 和 IN2 相乘，产生一个双字整数结果 OUT。这里的 IN2 与 OUT 的低 16 位是同一个存储单元	IN1/IN2 数据类型：整数 操作数：VW，MW，IW，QW，SW，SMW，LW，AC，＊VD，＊AC，＊LD，T，C，常数 OUT 数据类型：双整数 操作数：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD
完全整数除法	DIV EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	DIV IN2，OUT	使能输入有效时，用字型有符号整数 IN1 除以 IN2，产生一个双字整数结果 OUT。低 16 位存放商，高 16 位存放余数。这里的 IN1 与 OUT 的低 16 位是同一个存储单元	

续表

逻辑运算指令	梯 形 图	指 令	指 令 功 能	数据类型及操作数
实数乘法	MUL_R EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	×R IN1，OUT	使能输入有效时，将两个字长的实数 IN1 和 IN2 相乘，产生一个实数结果 OUT。这里的 IN2 与 OUT 是同一个存储单元	数据类型：实数 IN1/IN2：VD，MD，ID，QD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD，常数 OUT：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD
实数除法	DIV_R EN ENO ????—IN1 OUT—???? ????—IN2	/R IN1，OUT	使能输入有效时，将双字长的实数 IN1 除以 IN2，产生一个实数结果 OUT。这里的 IN1 与 OUT 是同一个存储单元	

如图 1-77 所示是利用加 1 指令控制彩灯逐盏点亮的梯形图。

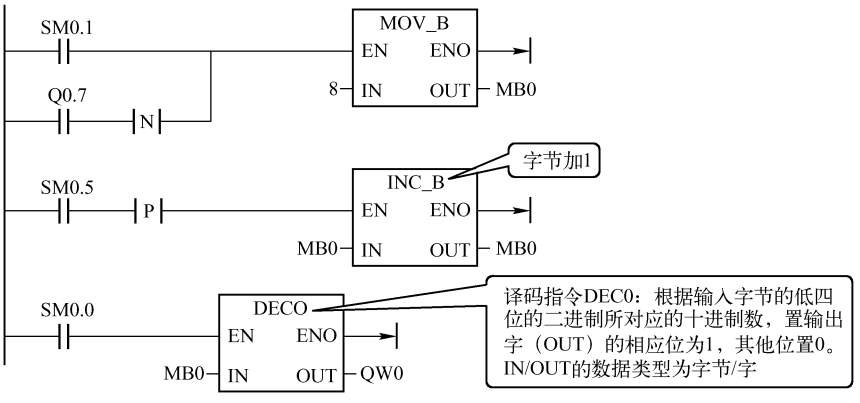


图 1-77 利用加 1 指令控制彩灯逐盏点亮的梯形图

当接通电源时，上电初始化脉冲 SM0.1 接通一个扫描周期，使 MB0 的初始值为 8。随着 SM0.5 每秒发出一个脉冲，加 1 指令使 MB0 的数值加 1，此时的数值是按二进制变化的。为了实现逐盏点亮，MB0 值应通过译码指令 DECO 进行转换，并输出到 QW0 中使高字节 QB0 中的各位逐次输出。

如图 1-78 所示是用乘法指令控制彩灯的双数灯逐盏点亮的梯形图。

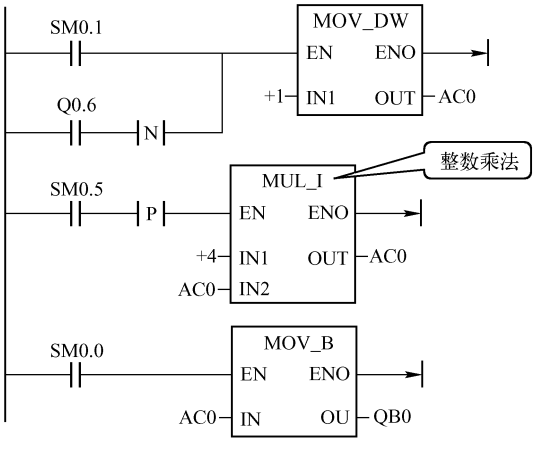


图 1-78 用乘法指令控制彩灯的双数灯逐盏点亮的梯形图

当接通电源时，上电初始化脉冲 SM0.1 接通一个扫描周期，使累加器 AC0 的初始值为 1，随着 SM0.5 每秒发出一个脉冲，整数乘法指令使 AC0 的数值乘 4，并保存于 AC0 中。再通过字节传送指令把 AC0 中的数值输出到 QB0 中，此时便可实现 2，4，6，8 位的双数灯的逐盏点亮了。

实例解决方案

1）I/O 的分配

I/O 分配表（略）。

2）设计、绘制接线原理图

原理接线图可参照实例 21（只是输入端子不用接）。

3）程序设计

梯形图如图 1－78 所示。

4）程序的输入与调试

把如图 1－78 所示的程序传入 PLC 中，将 QB0 输出端子分别和指示灯相连接。接通电源，每隔 0.5s，双数灯 2，4，6，8 逐盏点亮。

8. 转换指令

转换指令是指对操作数的类型进行转换，包括数据的类型转换、码的类型转换及数据和码之间的类型转换。下面通过具体的实例来学习转换指令的应用。

实例 24　七段数码管的控制

实例控制要求

要求每按下计数按钮，计数器的数值加 1，同时利用七段数码管来显示 0～F 的计数次数；按下复位按钮，计数器复位。

基本知识

在 S7－200PLC 中，有一条可直接驱动七段数码管的指令 SEG，该指令在数码管的显示中直接应用非常方便。该指令的具体介绍如表 1－42 所示。七段码编码如表 1－43 所示。

表 1－42　译码指令表

指令名称	梯形图	指令	功能	数据类型及操作数
七段显示译码指令	SEG EN　ENO IN　OUT	SEG IN，OUT	当输入端 EN 有效时，把输入字节（IN）低 4 位确定的有效十六进制数（0～F）输出到 OUT 指定的字节单元中，并直接在七段数码管上显示出来	数据类型：字节 IN：VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，常量，＊VD，＊AC，＊LD OUT：VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，＊VD，＊AC，SB，＊LD

表 1-43 七段码编码表

输入 LSD	七段码显示器	输出 - g f e d c b a		输入 LSD	七段码显示器	输出 - g f e d c b a
0	0	0 0 1 1 1 1 1 1	a f g b e c d	8	8	0 1 1 1 1 1 1 1
1	1	0 0 0 0 0 1 1 0		9	9	0 1 1 0 0 1 1 1
2	2	0 1 0 1 1 0 1 1		A	A	0 1 1 1 0 1 1 1
3	3	0 1 0 0 1 1 1 1		B	b	0 1 1 1 1 1 0 0
4	4	0 1 1 0 0 1 1 0		C	C	0 0 1 1 1 0 0 1
5	5	0 1 1 0 1 1 0 1		D	d	0 1 0 1 1 1 1 0
6	6	0 1 1 1 1 1 0 1		E	E	0 1 1 1 1 0 0 1
7	7	0 0 0 0 0 1 1 1		F	F	0 1 1 1 0 0 0 1

如图 1-79 所示是七段数码管的控制梯形图。

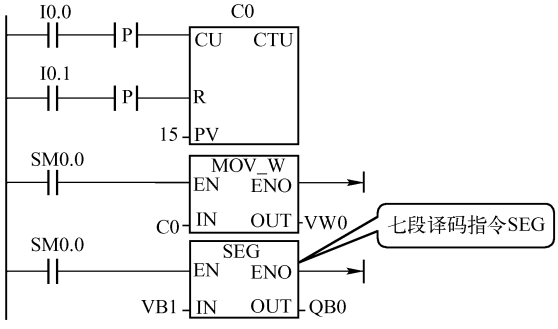


图 1-79 七段数码管的控制梯形图

当 I0.0 闭合时，上升沿脉冲使计数器 C0 开始计数，并将代数结果传送到 VW0 中。七段显示译码指令会把 VW0 的低四位（VB1）的二进制数码转换成七段显示码输出到 QB0 中，并驱动数码管显示出数字来。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 2 个输入点，7 个输出点，如表 1-44 所示。

表 1-44 I/O 的分配表

输入继电器	功 能	输出继电器	功 能
I0.0	计数按钮 SB1	QB0（Q0.0 ~ Q0.6）	控制 7 段数码管
I0.1	复位按钮 SB2		

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-80 所示。

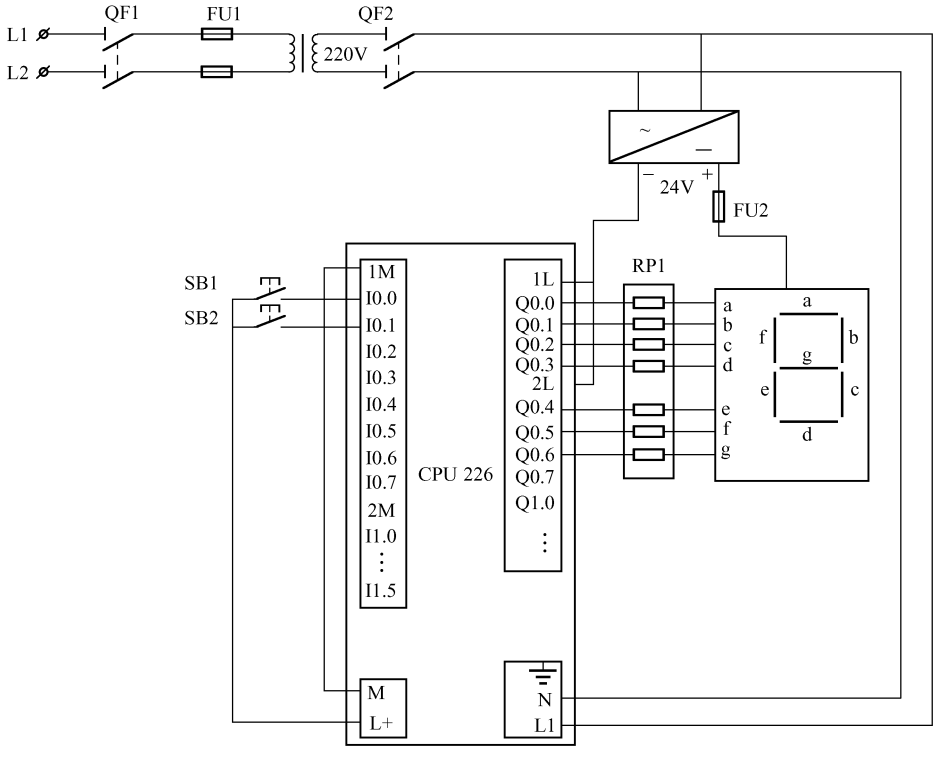


图 1－80　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般为直流 24V。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

梯形图如图 1－79 所示。

4）程序的输入与调试

把如图 1－79 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 ~ I0.1 与按钮 SB1 ~ SB2 分别连接起来，将输入端 Q0.0 ~ Q0.6 与 7 段数码管连接起来。

每接通一次 SB1 按钮，数码管便显示当前次数。接通 SB2 按钮后，计数器复位。

实例 25　BCD 码与整数之间的转换

实例控制要求

利用 BCD 数码管显示定时器的 0 ~ 9s 的定时值。

基本知识

可编程控制器中的主要数据类型包括字节、整数、双整数和实数，主要的码制有 BCD 码 ASCII 码、十进制数和十六进制数等。不同性质的指令对操作数的类型要求不同，因此在使用指令前需要将操作数转化成相应的类型，如表 1–45 所示是常用的数值类型转换指令。

表 1–45　数值类型转换指令表

指令名称	梯形图	指令	功能	数据类型及操作数
整数到 BCD 码	I_BCD EN　ENO ????–IN　OUT–????	IBCD OUT	将输入整数值 IN 转换成二进制编码的十进制数，并将结果存入 OUT 指定的变量中。IN 的有效范围是 0 ~ 999 9 BCD	数据类型：字 IN：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，T，C，AIW，AC，常量，＊VD，＊AC，＊LD OUT：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，T，C，AC，＊VD，＊LD，＊AC
BCD 码到整数	BCD_I EN　ENO ????–IN　OUT–????	BCDI OUT	将二进制编码的十进制数值 IN 转换成整数，并将结果存入 OUT 指定的变量中。IN 的有效范围是 0 ~ 999 9 BCD	
字节到整数	I–B EN　ENO ????–IN　OUT–????	BTI IN，OUT	输入端 EN 有效时，将输入（IN）的字节型数据转换成整数，并存入 OUT 中	IN 数据类型：字节 操作数：VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，常量，＊VD，＊AC，＊LD OUT 数据类型：整数 操作数：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，T，C，AC，＊VD，＊LD，＊AC
整数到字节	B–I EN　ENO ????–IN　OUT–????	ITB IN，OUT	输入端 EN 有效时，将输入（IN）的整数转换成字节型数据，并存入 OUT 中	IN 数据类型：整数 操作数：VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，常量，＊VD，＊AC，＊LD OUT 数据类型：字节 操作数：VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，T，C，AC，＊VD，＊LD，＊AC
整数到双整数	I–DI EN　ENO ????–IN　OUT–????	ITD IN，OUT	当输入端 EN 有效时，将输入（IN）的整数转换成双整数，并存入 OUT 中	IN 数据类型：整数 操作数：VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，常量，＊VD，＊AC，＊LD OUT 数据类型：双整数 操作数：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD
双整数到整数	DI–I EN　ENO ????–IN　OUT–????	DTI IN，OUT	将输入端（IN）的有符号双整数转换成整数，并存入 OUT 中	IN 数据类型：双整数 操作数：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD OUT 数据类型：整数 操作数：VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，常量，＊VD，＊AC，＊LD

续表

指令名称	梯形图	指令	指令功能	数据类型及操作数
实数到双整数	ROUND EN ENO ????－IN OUT－????	ROUND IN，OUT	ROUND 为取整指令，即转换时将实数的小数部分四舍五入	IN 数据类型：实数 操作数：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD OUT 数据类型：双整数 操作数：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，HC，＊VD，＊AC，＊LD
实数到双整数	TRUNC EN ENO ????－IN OUT－????	TRUNC IN，OUT	TRUNC 也为取整指令，即将实数舍去小数部分后，转换成 32 位有符号整数	
双整数到实数	DI－R EN ENO ????－IN OUT－????	DTR IN，OUT	将输入端（IN）指定的 32 位有符号整数转换成 32 位实数	IN 数据类型：双整数 操作数：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，HC，＊VD，＊AC，＊LD OUT 数据类型：实数 操作数：VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，＊VD，＊AC，＊LD

如图 1－81 所示是定时器当前值的整数转换为 BCD 码的显示梯形图。

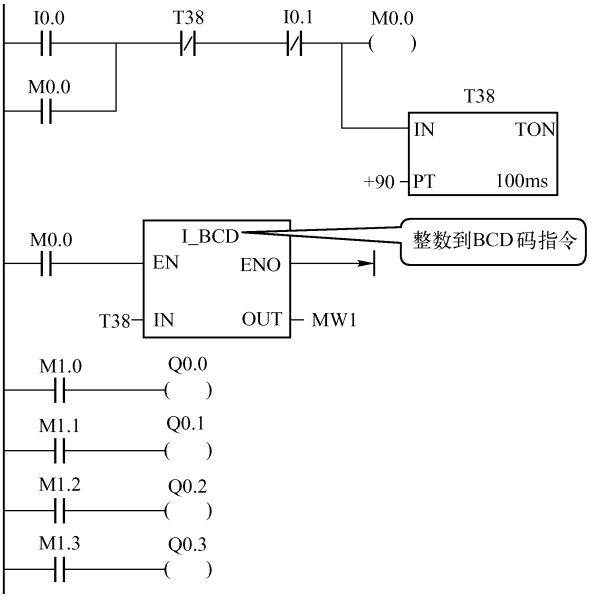


图 1－81　定时器当前值的整数转换为 BCD 码的显示梯形图

当 I0.0 闭合时，M0.0 接通，T38 定时器开始定时，M0.0 的常开触点闭合，将定时器 T38 的适时输出值通过整数到 BCD 的指令进行转换，并将结果输出到 MW1 中。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 2 个输入点，4 个输出

点，如表 1-46 所示。

表 1-46　I/O 的分配表

输入继电器	功　　能	输出继电器	功　　能
I0.0	定时器启动按钮 SB1	Q0.0	BCD 数码管显示区 1
I0.1	定时器停止按钮 SB2	Q0.1	BCD 数码管显示区 2
		Q0.2	BCD 数码管显示区 4
		Q0.3	BCD 数码管显示区 8

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-82 所示。

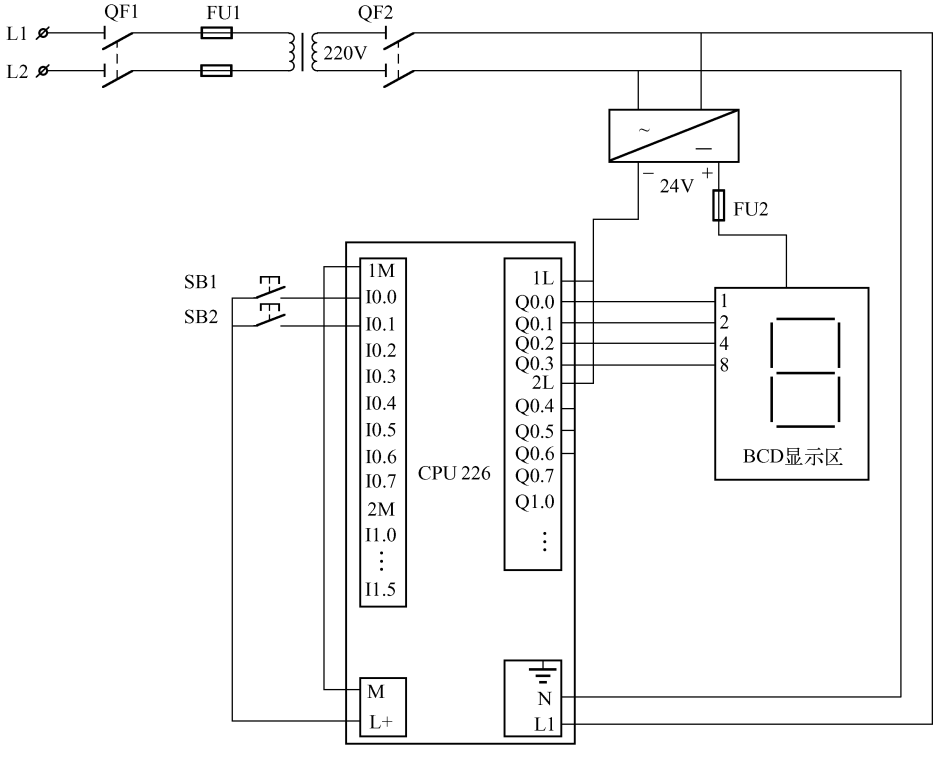


图 1-82　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般为直流 24V。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

梯形图如图 1-81 所示。

4）程序的输入与调试

把如图 1-81 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 ~ I0.1 与按钮 SB1 ~ SB2 分别

连接起来，将输出端 Q0.0～Q0.3 与 BCD 数码管显示区的 1、2、4、8 的定义脚分别连接起来。

当接通 SB1 按钮后，BCD 数码管会显示定时器的当前数值。

9. 特殊指令

实例 26　外部输入信号的中断



实例控制要求

利用外部输入信号中断控制电动机的启动与停止。



基本知识

1）中断

中断是指终止当前正在运行的程序，转而去执行为立即响应的信号编制的中断服务程序，执行完毕再返回原先终止的程序并继续执行。

（1）中断源。中断源是指发出中断请求的事件，又叫中断事件。S7－200 系列可编程控制器最多有 34 个中断源。这些中断源分为三大类：通信中断；输入/输出（I/O）中断；时基中断。

（2）中断优先级。在中断系统中，可将全部中断源按中断性质和处理的轻重缓急进行排序，给予优先权。中断优先级由高到低依次是：通信中断、输入/输出中断、时基中断。每种中断中的不同中断事件又有不同的优先权。主机中的所有中断事件及优先级如表 1-47 所示。

表 1-47　主机中的所有中断事件及优先级

组优先级	组内类型	中断事件号	中断事件描述	组内优先级
通信中断（最高级）	通信口 1	8	通信口 0：接收字符	0
		9	通信口 0：发送字符	0
		23	通信口 0：接收信息完成	0
	通信口 2	24	通信口 1：接收信息完成	1
		25	通信口 1：接收字符	1
		26	通信口 1：发送字符	1
输入/输出中断（次高级）	脉冲输出	19	PTO0 脉冲串输出完成中断	0
		20	PTO0 脉冲串输出完成中断	1
	外部输入	0	I0.0 上升沿中断	2
		2	I0.1 上升沿中断	3
		4	I0.2 上升沿中断	4
		6	I0.3 上升沿中断	5
		1	I0.0 下降沿中断	6
		3	I0.1 下降沿中断	7
		5	I0.2 下降沿中断	8
		7	I0.3 下降沿中断	9

续表

组优先级	组内类型	中断事件号	中断事件描述	组内优先级
输入/输出中断（次高级）	高速计数器	12	HSC0 当前值等于预设值中断	10
		27	HSC0 输入方向改变中断	11
		28	HSC0 外部复位中断	12
		13	HSC1 当前值等于预设值中断	13
		14	HSC1 输入方向改变中断	14
		15	HSC1 外部复位中断	15
		16	HSC2 当前值等于预设值中断	16
		17	HSC2 输入方向改变中断	17
		18	HSC2 外部复位中断	18
		32	ASC3 当前值等于预设值中断	19
		29	HSC4 当前值等于预设值中断	20
		30	HSC4 输入方向改变中断	21
		31	HSC4 外部复位中断	22
		33	HSC5 当前值等于设定值中断	23
时基中断（最低级）	定时	10	定时中断 0	0
		11	定时中断 1	1
	定时器	21	T32 当前值等于预设值中断	2
		22	T96 当前值等于预设值中断	3

2）中断指令

中断指令是指在主程序中调用中断程序，使系统对特殊的内部事件做出响应的指令。系统响应中断时会自动保存逻辑堆栈、累加器和某些特殊标志存储器位，即保护现场。中断处理完成后，系统又会自动恢复这些单元的状态，即恢复现场。具体的中断指令介绍如表 1-48 所示。

表 1-48 中断指令表

指令名称	梯形图	指令	功能	数据类型及操作数
中断连接指令	ATCH EN ENO ????-INT ????-EVNT	ATCH IN EVNT	给一个中断事件和一个中断程序建立联系，并允许这一中断事件	中断程序号 INT 和中断事件号 EVNT 均为字节型常数 注意：CPU221 和 CPU222 的 EVNT 取值范围为 0～12，19～23，27～33；CPU224 的 EVNT 取值范围为 0～23，27～33；CPU226 和 226XM 的 EVNT 取值范围为 0～33
中断分离指令	DTCH EN ENO ????-EVNT	DTCH EVNT	切断一个中断事件和所有程序的联系，使该事件的中断回到不激活或无效状态，从而禁止该中断事件	
开中断指令	—(ENI)	ENI	允许全局开放所有被连接的中断事件	无操作数
关中断指令	—(DISI)	DISI	全局关闭所有连接的中断事件	无操作数

3）中断程序

中断程序是用户为处理中断事件而事先编制的程序，编程时可以用中断程序入口处的中断程

序标号来识别每个中断程序。中断程序不是由程序调用，而是在中断事件发生时由操作系统调用的。中断程序一般由三部分构成：中断程序标号、中断程序指令和无条件返回指令。

如图 1－83 所示是外部输入信号通过中断控制电动机启动与停止的梯形图。

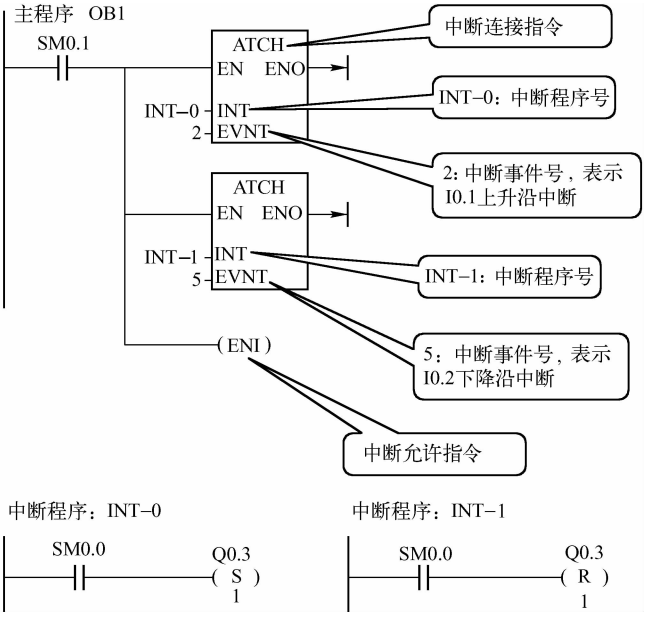


图 1－83 外部输入信号通过中断控制电动机启动与停止的梯形图

在编制中断程序时，首先打开编辑软件，在主程序编辑区编辑如图 1－83 所示的主程序，然后在编辑软件中的“编辑”菜单下的“插入”中选择“中断”，则会自动产生一个新的中断程序编号。此时进入该中断程序的编辑区，即可编写如图 1－83 所示的中断程序 INT－0 和 INT－1。

在图 1－83 中，当外部按钮 SM0.1 接通时，I0.1 上升沿可产生 2 号中断事件（查表 1－47 可知 2 号中断事件即是 I0.1 上升沿中断），此时程序会转去执行中断标号为 INT－0 的中断程序，使输出线圈 Q0.3 置位，电动机运转；当外部按钮 SB2 接通时，I0.2 下降沿可产生 5 号中断事件（查表 1－47 可知 5 号中断事件即是 I0.2 下降沿中断）。此时，程序会转去执行中断标号为 INT－1 的中断程序，使输出线圈 Q0.3 复位，电动机停止运转。

使用说明：

① S7－200 在任何时刻只能执行一个中断程序；在中断各自的优先级组内，它会按照先来先服务的原则为中断提供服务，一旦一个中断程序开始执行，则一直执行至完成，不能被另一个中断程序打断，即使是更高优先级的中断程序；

② 在中断程序的执行过程中，新的中断请求需按优先级排队等候。中断队列能保存的中断个数有限，若超出，则会产生溢出；

③ 在中断程序中禁止使用 DISI，ENI，HDEF，LSCR，END 指令；

④ 中断程序最后一条指令一定是无条件返回指令 RETI（图 1－83 中省略），也可以是有条件返回指令 CRETI；

⑤ 中断程序的编写要求短小精悍、执行时间短，否则可能会导致由主程序控制的设备出现异常操作。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 2 个输入点，1 个输出点，如表 1-49 所示。

表 1-49　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代号	功能		代号	功能	
SB1	启动按钮	I0.1	KM1	运行接触器	Q0.0
SB2	停止按钮	I0.2			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-84 所示。

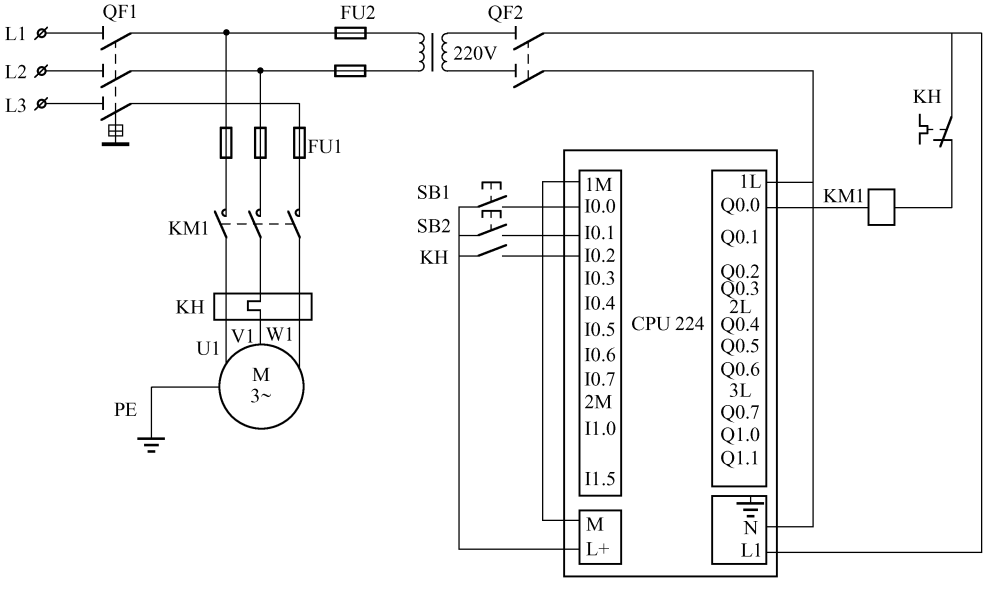


图 1-84　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备过载保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

梯形图如图 1-83 所示。

4）程序的输入与调试

把如图 1-83 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.1 与电动机的启动按钮 SB1 连接起来；将 I0.2 与电动机的停止按钮 SB2 连接起来；将输出端子 Q0.0 与控制电动机的接触器线圈连接起来。

接通启动按钮 SB1，在 I0.1 的上升沿通过中断使 Q0.0 置位；按下停止按钮 SB2，在 I0.2 的下降沿通过中断使 Q0.0 立即复位。

实例 27　利用定时中断控制彩灯循环

实例控制要求

要求利用定时中断控制 8 位彩灯循环左移。首先设定 8 位彩灯在 QB0 处显示，并将初始值设定为 16#07，然后设置每隔 1s 循环左移 1 位。SB1 为开始按钮，SB2 为停止按钮。

基本知识

如图 1-85 所示是利用定时中断控制 8 位彩灯循环左移的梯形图。

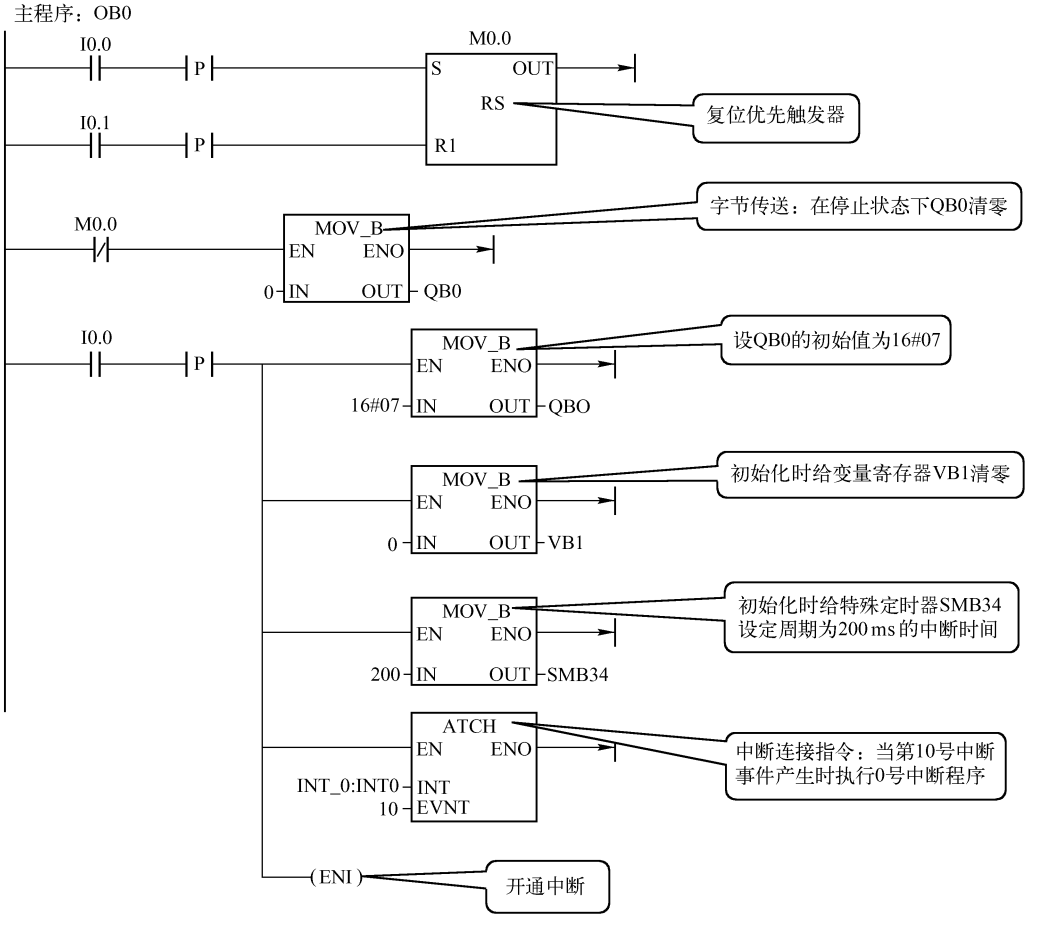


图 1-85　利用定时中断控制 8 位彩灯循环左移的梯形图

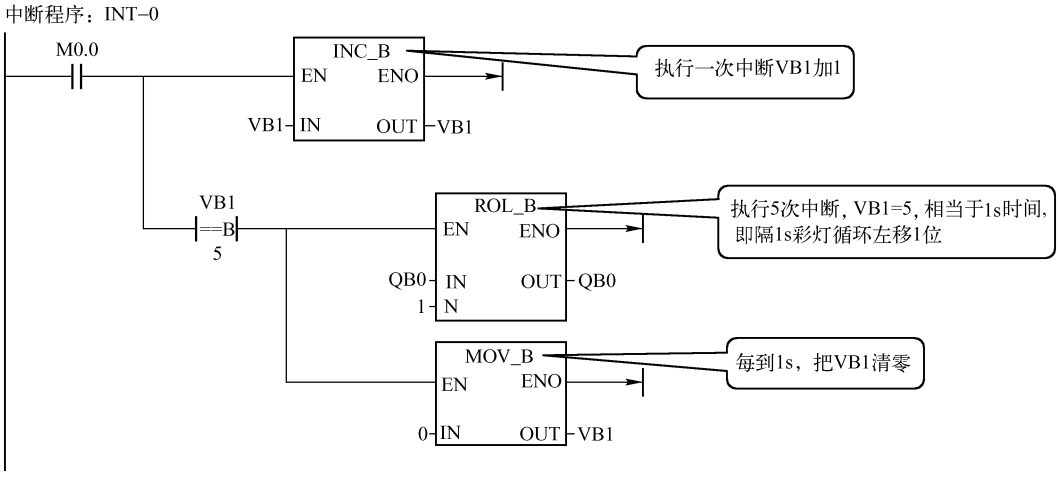


图 1-85　利用定时中断控制 8 位彩灯循环左移的梯形图（续）

定时中断又分为定时中断 0 和定时中断 1。定时中断 0 或 1 会把 0 ~ 255ms 的周期时间写入特殊继电器 SMB34 或 SMB35 中。CPU 支持定时中断，当某个中断程序连接到一个定时中断事件上时，如果该定时中断被允许，则当定时中断以固定的周期时间（SMB34 和 SMB35 的设定值）间隔溢出时，便执行被连接的中断程序。

在图 1-85 中，在主程序中闭合 I0.0，上升沿脉冲置位 M0.0，QB0 初始设定值为 16#07，同时定时中断以 SMB34 设定 200ms 的周期来执行 INT - 0 中断程序，每执行一次，变量寄存器 VB1 自动加 1，计数到 5 次后（时间为 1s），执行每隔 1s 循环左移 1 位，彩灯循环左移显示，此时 VB1 清零，重新等待计数。停止时，闭合 I0.1，上升沿脉冲触发复位 M0.0，QB0 清零，彩灯全部熄灭。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 2 个输入点，8 个输出点，如表 1-50 所示。

表 1-50　I/O 的分配表

输入设备		输入继电器	输出继电器	功　能
代　号	功　能			
SB1	启动按钮	I0.0	Q0.0 ~ Q0.7	控制 8 位彩灯
SB2	停止按钮	I0.1		

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，参考实例 21。

3）程序设计

梯形图如图 1-85 所示。

4）程序的输入与调试

把如图 1-85 所示的程序传入 PLC 后，将 PLC 的输入端子 I0.0 与启动按钮 SB1 连接起来；将 I0.1 与停止按钮 SB2 连接起来；将输出端子 Q0.0～Q0.7 与 8 个彩灯连接起来。

接通启动按钮 SB1，每隔 1s 彩灯左移一位；按下停止按钮 SB2，彩灯全部熄灭。

实例 28　高速计数器指令的应用

普通计数器是按照顺序扫描的方式进行工作的，在每个扫描周期中，对计数脉冲只能进行一次累加，计数频率一般仅有几十赫兹。然而，在现代自动控制中，要想实现精确定位和测量长度，需要采用高速计数器来完成对高频率输入信号的计数任务。



实例控制要求

通过具体实例学习高速计数器指令的应用。



基本知识

1）高速计数器

S7－200 CPU 具有集成硬件高速计数器，如表 1-51 所示。CPU 221 和 CPU 222 有 4 个 30kHz 的单相高速计数器或 2 个 20kHz 的两相高速计数器；CPU 224、CPU 226 和 CPU 226XP 有 6 个 30kHz 的单相高速计数器或 4 个 20kHz 的两相高速计数器；S7－200 的新一代产品 CPU 224XP 支持高达 100kHz 的计数脉冲。高速计数器在程序中使用时的地址编号用 HCn 来表示（在非程序中有时用 HSCn 来表示），HC 表示编程元件名称为高速计数器，n 为编号。高速计数器的计数和动作可采用中断方式进行控制，与 CPU 的扫描关系不大。各种型号的 PLC 可用的高速计数器中断事件大致分为三类：当前值等于预设值的中断、输入方向改变的中断和外部复位中断。每个高速计数器的三种中断的优先级由高到低排列，不同高速计数器之间的优先级也按编号顺序由高到低排列。具体的对应关系如表 1-47 所示。

表 1-51　S7－200 CPU 的集成硬件高速计数器

主 机 型 号	CPU 221 和 CPU 222	CPU 224 CPU 224XP 和 CPU 226
可用 HSC 数量	4	6
HSC 编号范围	HC0，HC3，HC4，HC5	HC0～HC5

2）高速计数器的工作模式与输入端的连接

高速计数器共有四种基本类型：带有内部方向控制的单相计数器、带有外部方向控制的单相计数器、带有两个时钟输入的双相计数器和 A/B 相正交计数器。

每种高速计数器有多种工作模式，以完成不同的功能，具体的工作模式与中断事件有密切关系。每一种高速计数器的工作模式的数量也不同。HSC1 和 HSC2 的工作模式最多可达 12 种，而 HSC5 只有一种工作模式。

在使用高速计数器时，首先要使用 HDEF 指令给它指定一种工作模式，只要模式一定，高速计数器所使用的输入端子就必须按照系统指定的输入点输入信号。例如，HSC0 在模式 0下工作时，只能使用 I0.0 作为时钟输入，而不能使用 I0.1 和 I0.2，这两个输入端可以用到其他方面。高速计数器的工作模式和输入点如表 1-52 所示。

表 1-52 高速计数器的工作模式和输入点

HSC 模式 \ HSC 编号及其对应的输入端子	功能及说明	占用的输入端子及其功能			
	HSC0	I0.0	I0.1	I0.2	
	HSC4	I0.3	I0.4	I0.5	
	HSC1	I0.6	I0.7	I1.0	I1.1
	HSC2	I1.2	I1.3	I1.4	I1.5
	HSC3	I0.1			
	HSC5	I0.4			
0	单路脉冲输入的内部方向控制加/减计数。控制字 SM37.3=0，减计数；SM37.3=1，加计数	脉冲输入端			
1				复位端	
2				复位端	启动
3	单路脉冲输入的外部方向控制加/减计数。方向控制端=0，减计数；方向控制端=1，加计数	脉冲输入端	方向控制端		
4				复位端	
5				复位端	启动
6	两路脉冲输入的单相加/减计数。加计数有脉冲输入，加计数；减计数端脉冲输入，减计数	加计数脉冲输入端	减计数脉冲输入端		
7				复位端	
8				复位端	启动
9	两路脉冲输入的双相正交计数。A 相脉冲超前 B 相脉冲，加计数；A 相脉冲滞后 B 相脉冲，减计数	A 相脉冲输入端	B 相脉冲输入端		
10				复位端	
11				复位端	启动

3）高速计数器的指令

高速计数器的指令有两条：定义高速计数器指令和执行高速计数器指令。具体指令的介绍如表 1-53 所示。

表 1-53 高速计数器指令表

指令名称	梯形图	指令	功能	数据类型及操作数
定义高速计数器指令 HDEF	HDEF EN ENO ????-HSC ????-MODE	HDEF HSC，MODE	使能输入有效时，为指定的高速计数器分配一种工作模式，并且只能定义一次	数据类型：字节型 操作数：HSC，指高速计数器编号，为 0～5 的常数 MODE：工作模式，为 0～11的常数
执行高速计数器指令 HSC	HSC EN ENO ????-N	HSC N	使能输入有效时，根据高速计数器特殊存储器位的状态，并按照 HDEF 指令指定的工作模式，设置高速计数器并控制其工作	数据类型：字型 N：高速计数器编号，为 0～5 的常数

实例解决方案

1）高速计数器的使用方法

应根据使用的主机型号和控制要求来选择高速计数器及其工作模式。在高速计数器投入运行之前，必须执行一次初始化程序段或初始化子程序。一般使用首次扫描时接通一个扫描周期的特殊内部存储器 SM0.1 来对主程序中的程序段或一个子程序完成初始化操作，如图 1-86 所示。

接下来的步骤包括以下几步。

① 定义高速计数器和工作模式。使用高速计数器定义指令（HDEF）来指定一个高速计数器（HSCn）并选择工作模式，每一个高速计数器使用一条定义的高速计数器指令。

② 设置高速计数器的控制字节。在执行 HDEF 指令之前，必须根据控制要求设置控制字节（SMB37，SMB47，SMB137，SMB147，SMB157）。每个高速计数器都有固定的特殊标志存储器与之相配合，以完成高速计数功能。每个高速计数器通过 HDEF 指令定义了工作模式后，也就确定了与之对应的特殊寄存器。再通过对特殊寄存器的控制字节 SMB 指定位，进行编程，便可确定高速计数器的控制方式了。高速计数器使用的特殊标志寄存器（如 SMB36 等）如表 1-54 所示，控制字节各位的意义如表 1-55 所示。

表 1-54 高速计数器使用的特殊标志寄存器

高速计数器编号	状 态 字 节	控 制 字 节
HSC0	SMB36	SMB37
HSC1	SMB46	SMB47
HSC2	SMB56	SMB57
HSC3	SMB136	SMB137
HSC4	SMB146	SMB147
HSC5	SMB156	SMB157

表 1-55 高速计数器的控制字节意义

HSC0	HSC1	HSC2	HSC3	HSC4	HSC5	说 明
SM37.0	SM47.0	SM57.0		SM147.0		复位有效电平控制： 0＝复位信号高电平有效；1＝低电平有效
	SM47.1	SM57.1				启动有效电平控制： 0＝启动信号高电平有效；1＝低电平有效
SM37.2	SM47.2	SM57.2		SM147.2		正交计数器计数速率选择： 0＝4×计数速率；1＝1×计数速率
SM37.3	SM47.3	SM57.3	SM137.3	SM147.3	SM157.3	计数方向控制位： 0＝减计数；1＝加计数
SM37.4	SM47.4	SM57.4	SM137.4	SM147.4	SM157.4	向 HSC 写入计数方向： 0＝无更新；1＝更新计数方向
SM37.5	SM47.5	SM57.5	SM137.5	SM147.5	SM157.5	向 HSC 写入新预置值： 0＝无更新；1＝更新预置值
SM37.6	SM47.6	SM57.6	SM137.6	SM147.6	SM157.6	向 HSC 写入新当前值： 0＝无更新；1＝更新当前值
SM37.7	SM47.7	SM57.7	SM137.7	SM147.7	SM157.7	HSC 允许： 0＝禁用 HSC；1＝启用 HSC

③ 执行 HDEF 指令，设置 HSC 的编号（0～5）及工作模式（0～11）。

④ 设置当前值和预设值。每个高速计数器都有一个 32 位当前值和一个 32 位预置值，当前值和预置值均为带符号的整数值。要设置高速计数器的新当前值和新预置值，必须首先设置控制字节，令其第五位和第六位为 1，并允许更新预置值和当前值。新当前值和新预置值会写入特殊内部标志位存储区中。然后执行 HSC 指令，将新数值传输到高速计数器中。新的当前值会写入 32 位当前值寄存器（SMD38，SMD48，SMD58，SMD138，SMD148，SMD158）中；新的预置值会写入 32 位预置值寄存器（SMD42，SMD52，SMD62，SMD142，SMD152，SMD162）中。高速计数器各种数值的存放地址如表 1-56 所示。

表 1-56 高速计数器各种数值的存放地址

计 数 器 号	HSC0	HSC1	HSC2	HSC3	HSC4	HSC5
当前值（初始值）	SMD38	SMD48	SMD58	SMD138	SMD148	SMD158
预置值（设定值）	SMD42	SMD52	SMD62	SMD142	SMD152	SMD162

⑤ 设置中断事件并全局开中断。高数计数器是利用中断方式对高速计数器进行精确控制的。可应用中断连接指令 ATCH 将中断事件号和中断程序连接起来，并全局开中断。

⑥ 执行 HSC 指令。以上设置完成并用指令实现后，即可用 HSC 指令使 S7－200 CPU 对高速计数器进行编程并计数了。

如图 1－86 所示是高速计数器指令的应用梯形图。

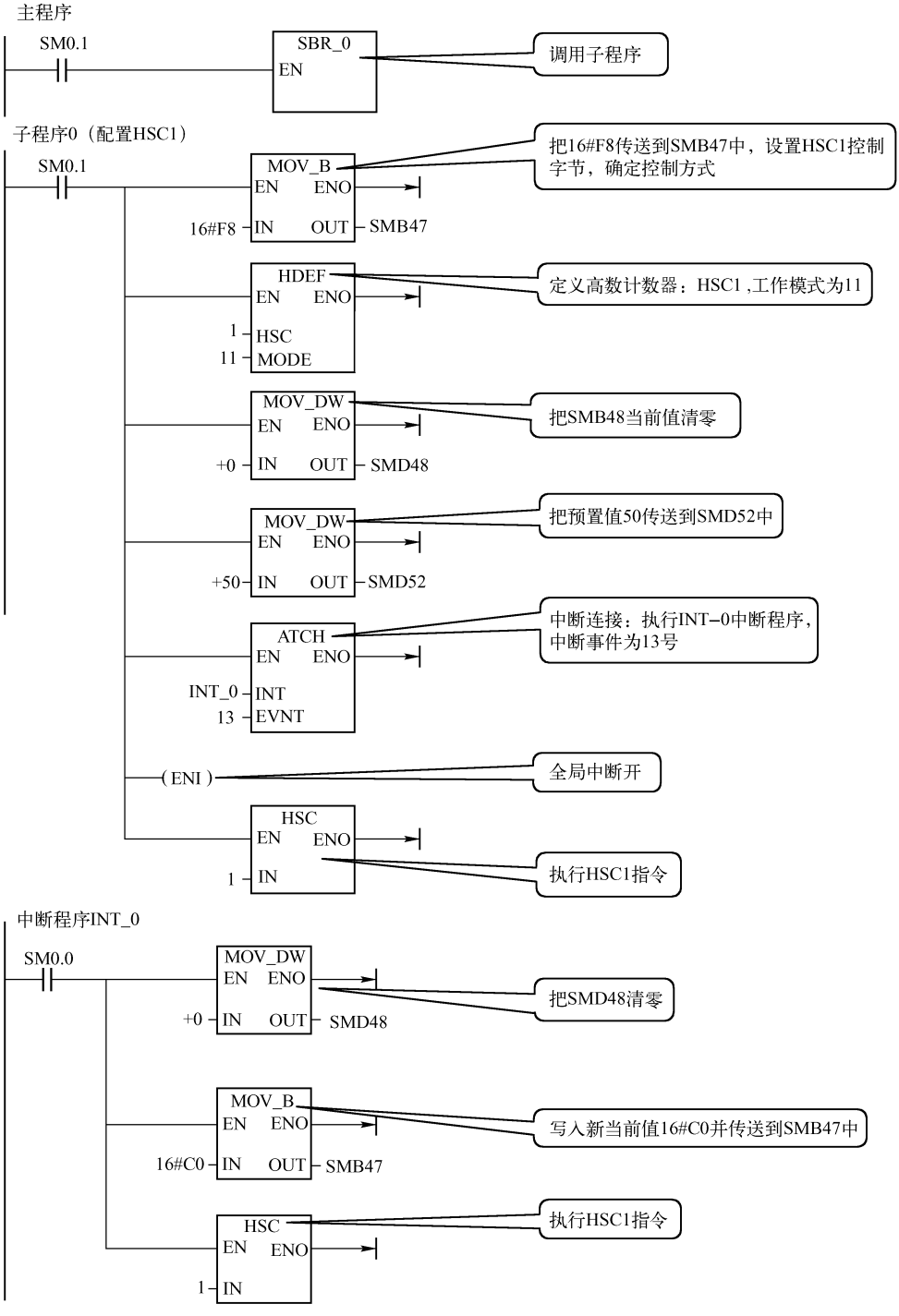


图 1－86　高速计数器指令的应用梯形图

在首次扫描时，调用初始化子程序 SBR_0。在子程序中，将 16#F8 传送到 SMB47 中，并配置 HSC1 的工作模式为启动和复位输入高电平有效、4 倍计数率的正交模式，计数方向为增计数，允许更新计数方向，允许更新计数值，允许更新当前值，允许执行高速计数指令。然后清除 HSC1 的初始值，配置 HSC1 的预置值为 50。当 HSC1 的当前值等于预置值时，连接中断程序 INT_0 到事件 13，允许全局中断，对 HSC1 执行高速计数。当 SMD48 清零后，会重新写入 16#C0 到 SMB47 中，执行 HSC1 高速计数指令。

三、PLC 的顺序控制指令的应用

实例 29　运料小车

实例控制要求

如图 1－87 所示是运料小车示意图。按下启动按钮 SB1，运料小车从原点（SQ1 处）启动，KM1 接触器吸合使小车前进直到碰到 SQ2 开关后停止，5s 后 KM2 接触器吸合小车后退直到碰到 SQ1 开关后停止，3s 后 KM1 接触器吸合小车前进直到碰到 SQ3 开关后停止，5s 后 KM2 接触器吸合小车后退直到碰到 SQ1 开关后停止在原点。任何时候按下停止按钮 SB2，小车立即停止。运料小车的动作过程如图 1－88 所示。

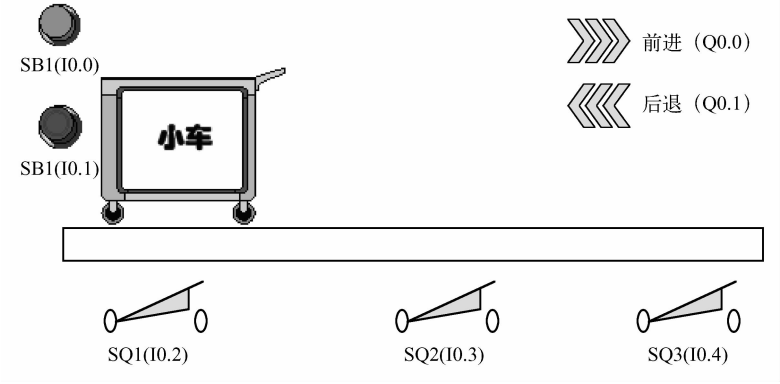


图 1－87　运料小车示意图

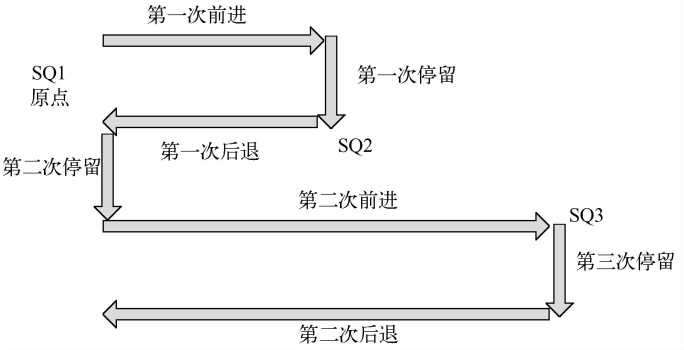


图 1－88　运料小车的动作过程

基本知识

通过对控制要求的分析，知运料小车的动作可以分解成几步并按一定的顺序运行，适于用顺序控制来实现。顺序控制设计法，就是针对顺序控制系统的一种专门的设计方法。这种设计方法很容易被初学者接受。对于有经验的工程师而言，也会提高其设计的效率，程序的调试、修改和阅读也很方便。

PLC 的设计者们为顺序控制系统的程序编制提供了大量通用和专用的编程元件，并开发了专门供编制顺序控制程序用的功能表图，使得这种先进的顺序控制设计方法成为当前 PLC 程序设计的主要方法。

此法的关键是画出功能流程图。首先将被控制对象的工作过程按输出状态的变化分为若干步，并指出工步之间的转换条件和每个工步的控制对象。然后根据功能流程图，以步为核心，从起始步开始一步一步地设计下去，直至完成为止。这种工艺流程图集中了工作的全部信息。在进行程序设计时，可以用中间继电器 M 来记忆工步，一步一步地顺序进行，也可以用顺序控制指令来实现。

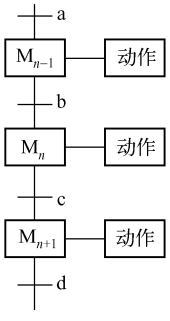


图 1-89　单流程结构及其编程方法

运料小车功能流程图属于单流程结构，形式比较简单。如图 1-89所示是单流程结构及其编程方法，其特点是：每一步后面只有一个转换，每个转换后面只有一步；各个工步按顺序执行，上一工步执行结束，转换条件成立，则立即开通下一工步，同时关断上一工步。S7 -200 系列 PLC 有置位和复位指令，且对同一个线圈置位和复位指令可分开编程，因此可以实现以转换条件为中心的编程。

当前步为活动步且转换条件成立时，可用 S 将代表后续步的中间继电器置位（激活），同时用 R 将本步复位（关断）。

如图 1-90 所示是运料小车顺序功能图。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求分配 I/O，如表 1-57 所示。

表 1-57　I/O 的分配表

输入继电器	功　　能	输出继电器	功　　能
I0.0	启动按钮 SB1	Q0.0	KM1 小车前进
I0.1	停止按钮 SB2	Q0.1	KM2 小车后退
I0.2	限位开关 SQ1		
I0.3	限位开关 SQ2		
I0.4	限位开关 SQ3		

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-91 所示。

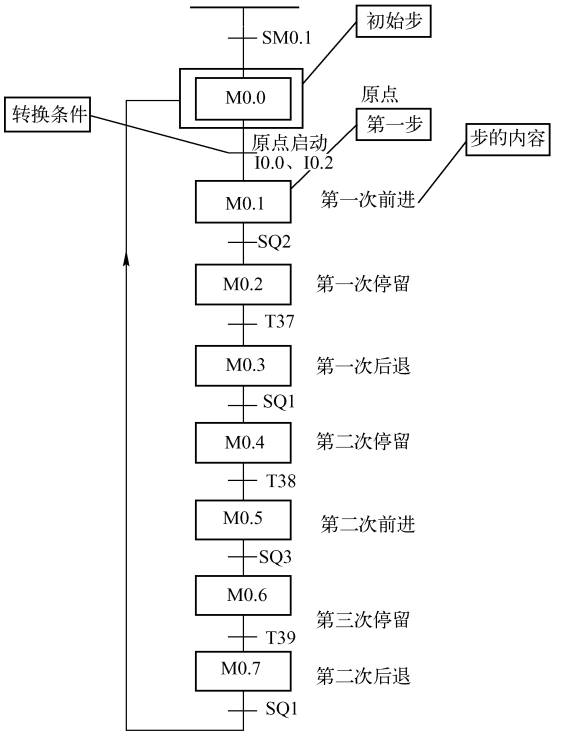


图 1－90　运料小车顺序功能图

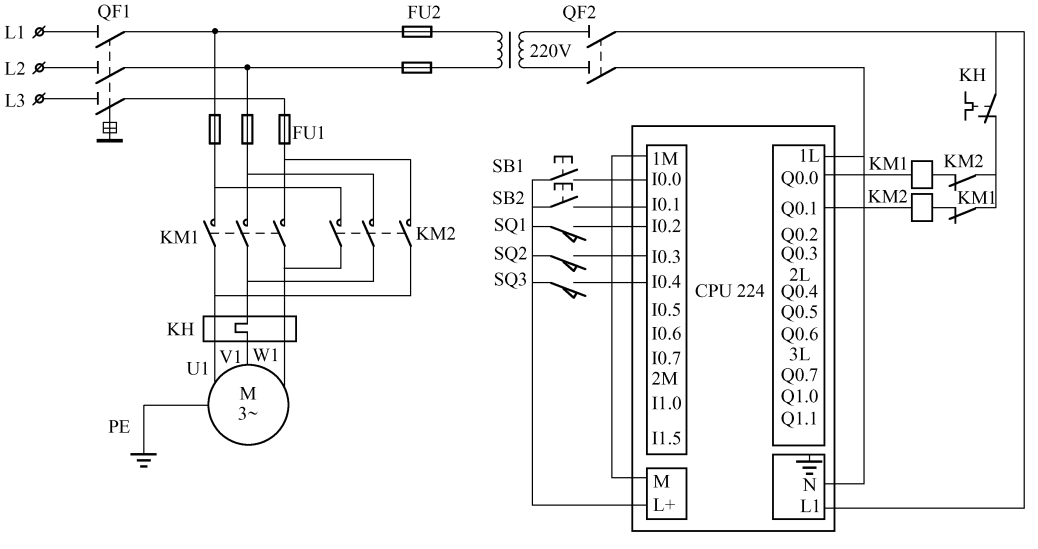


图 1－91　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

根据顺序功能图编写的运料小车控制电路的梯形图如图 1-92 所示。

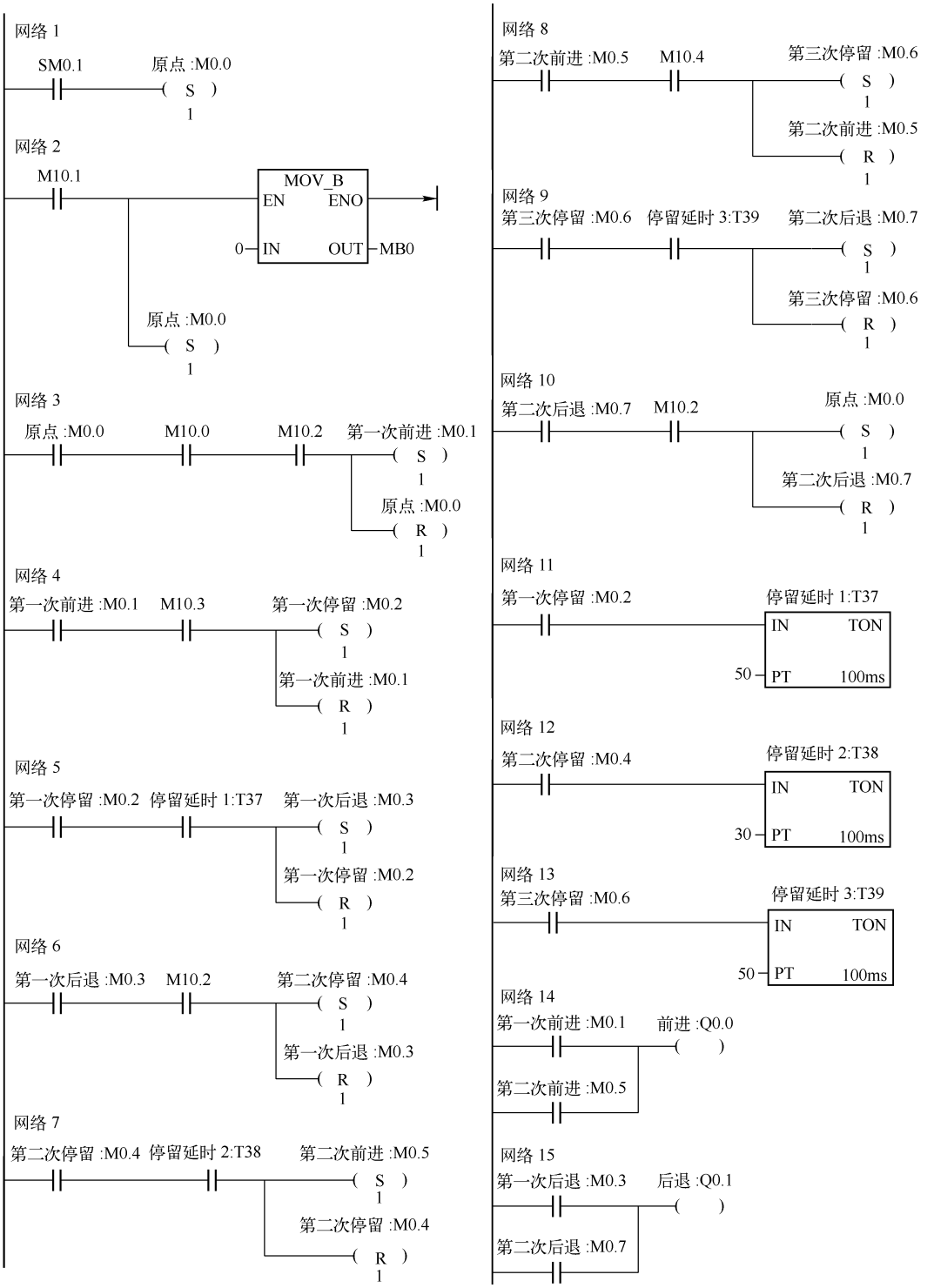


图 1-92　运料小车控制电路的梯形图

重点提示

在该实例中，如图 1-90 所示是功能流程图。利用顺序编程方法编程很有规律，每一个转换都对应一个置位/复位（S/R）的电路块，有多少个转换就有多少个这样的电路块（如图 1-92 所示）。

① 原点与停止。如图 1-92 中的网络 1、网络 2 所示，当 PLC 加电瞬间或按下停止按钮以后程序都进入原点初始步，停止时同时复位初始步之外的其他步。

② 步的驱动。如图 1-92 中的网络 3 ~ 网络 10 所示，利用置位、复位指令可实现以转换条件为中心的编程。

③ 输出集中执行，如图 1-92 中的网络 11 ~ 网络 14 所示。采用这种编程方法时，不能将输出位的线圈与置位指令和复位指令并联，这是因为图中的控制置位、复位的串联电路接通的时间只有一个扫描周期，转换条件满足后，前级步马上被复位，该串联电路断开，而输出线圈至少应该在某一步对应的全部时间内被接通。因此应根据顺序功能图，用代表步的常开触点或它们的并联电路来驱动输出位的线圈。

4）程序的输入与调试

把如图 1-92 所示的程序传入 PLC 中，按照原理接线图接线。

按下启动按钮 SB1 开启运料小车，观察小车的运行是否符合控制要求。按下停止按钮 SB2，小车应停止运行。

实例 30　自动门控制系统

实例控制要求

自动门控制系统由门内光电探测开关 K1、门外光电探测开关 K2、开门到位限位开关 K3、关门到限位开关 K4、开门执行机构（KM1，使电动机正转）、关门执行机构（KM2，使电动机反转）等部件组成，如图 1-93 所示。



图 1-93　自动门控制系统示意图

控制要求

① 当有人员由内到外或由外到内通过光电检测开关 K1 或 K2 时，开门执行机构 KM1 动作，电动机正转。当人员到达开门限位开关 K3 位置时，电动机停止运行。

② 自动门在开门位置停留 8s 后，自动进入关门过程，关门执行机构 KM2 被启动，电动机反转。当门移动到关门限位开关 K4 位置时，电动机停止运行。

③ 在关门过程中，当有人员由外到内或由内到外通过光电检测开关 K2 或 K1 时，应立

即停止关门，并自动进入开门程序。

④ 在门打开后的 8s 等待时间内，若有人员由外至内或由内至外通过光电检测开关 K2 或 K1 时，必须重新开始等待 8s 后，再自动进入关门过程，以保证人员安全通过。

基本知识

本实例自动门控制系统的功能流程图是一个典型的选择分支结构。

选择分支分为两种，如图 1-94 所示为选择分支开始，如图 1-95 所示为选择分支结束。

选择分支开始指一个前级步后面紧接着若干个后续步以供选择，各分支都有各自的转换条件，在图中则表示为在各自分支中代表转换条件的短画线。

选择分支结束又称选择分支合并，是指几个选择分支在各自的转换条件成立时转换到一个公共步上。

在图 1-94 中，假设 2 为活动步，若转换条件 a = 1，则执行工步 3；若转换条件 b = 1，则执行工步 4；若转换条件 c = 1，则执行工步 5，即哪个条件满足，则选择相应的分支，同时关断上一步 2。一般只允许选择其中一个分支。在编程时，若图 1-94 中的工步 2，3，4，5 分别用 M0.0，M0.1，M0.2，M0.3 表示，则当 M0.1，M0.2，M0.3 之一为活动步时，都将导致 M0.0 = 0。因此在梯形图中应将 M0.1、M0.2 和 M0.3 的常闭接点与 M0.0 的线圈串联起来，以用做关断 M0.0 步的条件。

在图 1-95 中，如果工步 6 为活动步，转换条件 d = 1，则工步 6 向工步 9 转换；如果工步 7 为活动步，转换条件 e = 1，则工步 7 向工步 9 转换；如果工步 8 为活动步，转换条件 f = 1，则工步 8 向工步 9 转换。若图 1-95 中的工步 6，7，8，9 分别用 M0.4，M0.5，M0.6，M0.7 表示，则 M0.7（工步 9）的启动条件为 M0.4 · d + M0.5 · e + M0.6 · f，在梯形图中则表示为 M0.4 的常开接点与 d 转换条件对应的触点串联，M0.5 的常开接点与 e 转换条件对应的触点串联，M0.6 的常开接点与 f 转换条件对应的触点串联，三条支路并联后作为 M0.7 线圈的启动条件。

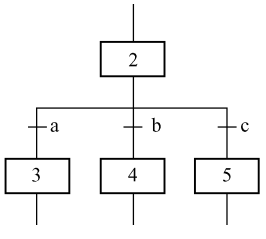


图 1-94　选择分支开始

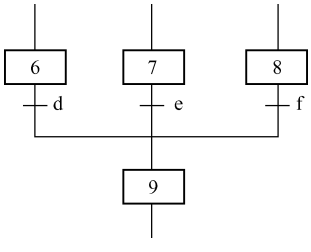


图 1-95　选择分支结束

如图 1-96 所示是自动控制门系统的功能顺序图。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求分配 I/O，如表 1-58 所示。

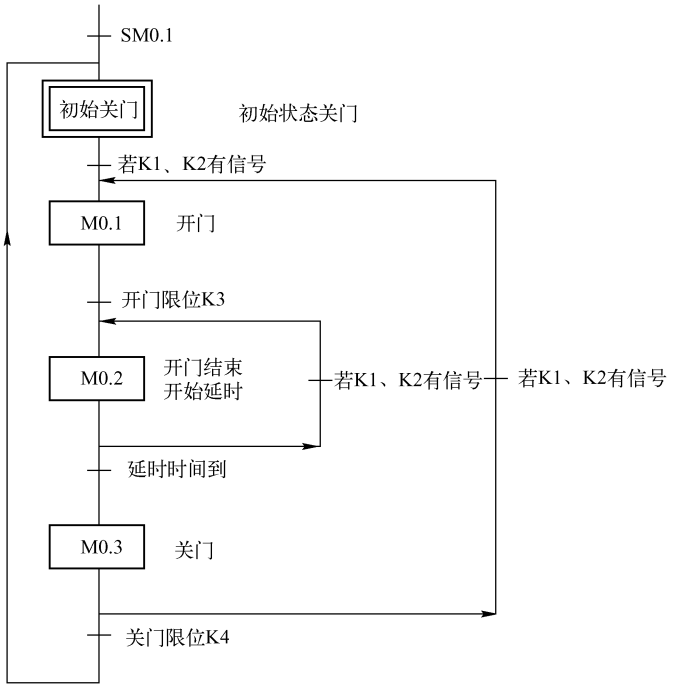


图 1－96　自动门控制系统的功能顺序图

表 1－58　I/O 的分配表

输入继电器	功　　能	输出继电器	功　　能
I0. 1	由外到内光电检测开关 SB1	Q0. 1	开门执行机构
I0. 2	由内到外光电检测开关 SB2	Q0. 2	关门执行机构
I0. 3	开门限位开关 SB3		
I0. 4	关门限位开关 SB4		
I0. 5	过载保护开关 SB5		
I0. 6	紧急停止开关 SB6		
I1. 0	手动开门按钮		
I1. 1	手动关门按钮		

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1－97 所示。

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

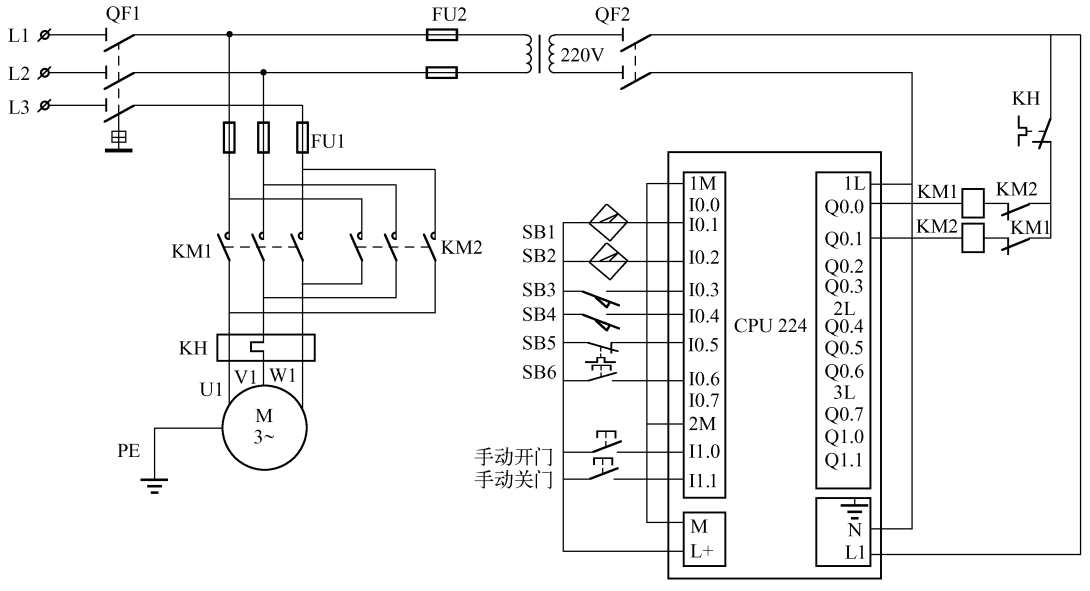


图 1-97　PLC 系统的接线原理图

3）程序设计

根据功能图编写梯形图程序，如图 1-98 所示。

重点提示

本实例中的梯形图程序是用置位、复位指令编制的。

① 初始步，如图 1-98 中的网络 1、网络 2 所示，在 PLC 加电瞬间，按下急停按钮以后程序都进入原点初始步，停止时同时复位初始步之外的其他步。

② 步的驱动，如图 1-98 中的网络 3 ~ 网络 8 所示，这是利用置位、复位指令以转换为中心进行编程的。

网络 3 表示若外检测开关或内检测开关有信号，则 I0. 1 或 I0. 2 闭合，执行第一步开门。

网络 4 表示开门到极限时，开门限位闭合，停止开门，同时开始延时。

网络 5 表示在延时期间，外检测开关或内检测开关有信号则继续延时，否则延时时间到，自动关门，第一个选择分支开始。

网络 6 表示延时时间到，自动关门。

网络 7 表示在关门过程中，外检测开关或内检测开关有信号时则停止关门，开始开门，否则继续关门，第二个选择分支开始。

网络 8 表示关门到极限位置，关门限位闭合，返回初始步。

③ 输出集中执行，如图 1-98 中的网络 9 ~ 网络 11 所示，用代表步的常开触点、手动控制常开触点、联锁控制常闭触点按逻辑关系驱动对应的线圈。

网络 9 表示执行开门。

网络 10 表示执行延时。

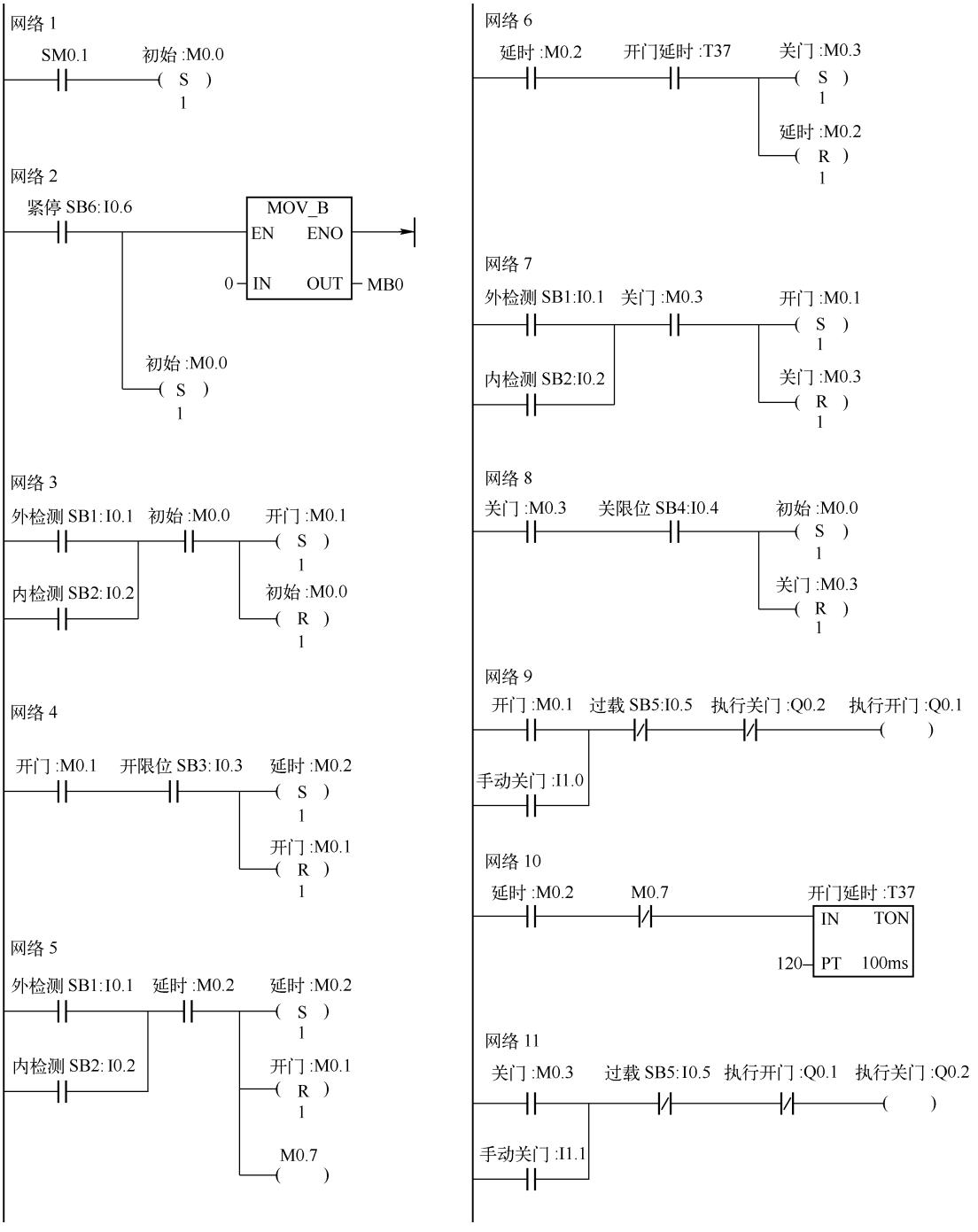


图 1-98　自动门控制系统的梯形图

网络 11 表示执行关门。

4）程序的输入与调试

把如图 1-98 所示的程序传入 PLC 中，按照接线原理图接线。

按下手动开门/关门开关按钮，观察电动机的工作情况。手动模拟按下开关按钮 SB1 和

SB2，观察电动机的运行状态。

实例 31　三台电动机的顺序启动、停止

实例控制要求

如图 1-99 所示是某传送带设备，分别由 M1，M2，M3 三台交流异步电动机拖动。要求电动机统一为单方向旋转，并无制动要求。启动时要求有 10s 时间间隔，并按 M1 - M2 - M3 的顺序启动；停止时要求有 10s 时间间隔，并按 M3 - M2 - M1 的顺序停止。

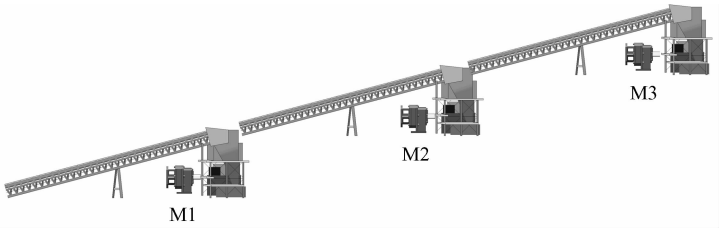


图 1-99　传送带设备

基本知识

在 PLC 的程序设计中，经常采用顺序控制继电器来完成顺序控制和步进控制，因此顺序控制继电器指令也常常被称为步进控制指令。

在顺序控制或步进控制中，常常将控制过程分成若干个顺序控制继电器（SCR）段，一个 SCR 段有时也称为一个控制功能步，简称步。每个 SCR 都是一个相对稳定的状态，都有段开始、段结束、段转移。在 S7 - 200 中，有 3 条简单的 SCR 指令与之对应。

1）段开始指令 LSCR

段开始指令的功能是标记一个 SCR 段（或一个步）的开始，其操作数是状态继电器 Sx. y（如 S0. 0）。Sx. y 是当前 SCR 段的标志位，当 Sx. y 为 1 时，允许该 SCR 段工作。

2）段转移指令 SCRT

段转移指令的功能是将当前的 SCR 段切换到下一个 SCR 段，其操作数是下一个 SCR 段的标志位 Sx. y（如 S0. 1）。当允许输入有效时进行切换，即停止当前 SCR 段的工作，启动下一个 SCR 段的工作。

3）段结束指令 SCRE

段结束指令的功能是标记一个 SCR 段（或一个步）的结束。每个 SCR 段必须使用段结束指令来表示该 SCR 段的结束。

在使用顺序控制指令时应注意以下几点。

① 步进控制指令 SCR 只对状态元件 S 有效。为了保证程序的可靠运行，驱动状态元件 S 的信号应采用短脉冲。

② 当输出需要保持时，可使用 S/R 指令。

③ 不能把同一编号的状态元件用在不同的程序中。例如，如果在主程序中使用 S0. 1，则不能在子程序中再使用它了。

④ 在 SCR 段中不能使用 JMP 和 LBL 指令，即既不允许跳入或跳出 SCR 段，也不允许在

SCR 段内跳转。可以使用跳转和标号指令在 SCR 段周围跳转。

⑤ 不能在 SCR 段中使用 FOR、NEXT 和 END 指令。

如图 1－100 所示是三台电动机的顺序启动、停止的步进顺序功能图。

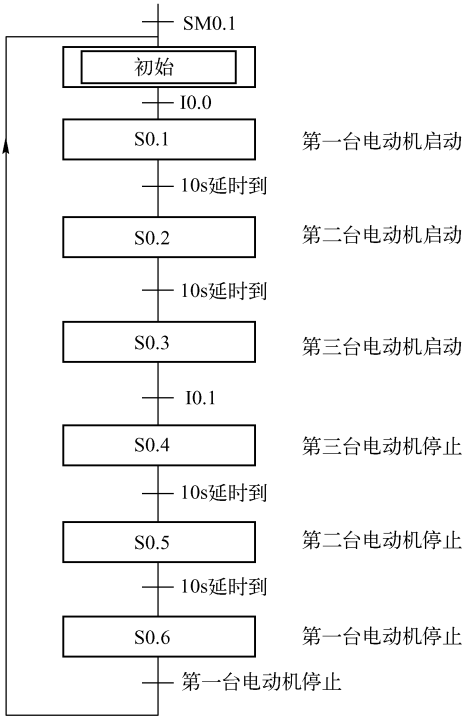


图 1－100 步进顺序功能图

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求分配 I/O，如表 1－59 所示。

表 1－59 I/O 的分配表

输入继电器	功 能	输出继电器	功 能
I0. 0	启动按钮 SB1	Q0. 0	控制 M1
I0. 1	停止按钮 SB2	Q0. 1	控制 M2
		Q0. 2	控制 M3

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，参考图 1－63。

3）程序设计

根据功能图编写梯形图，如图 1－101 所示。

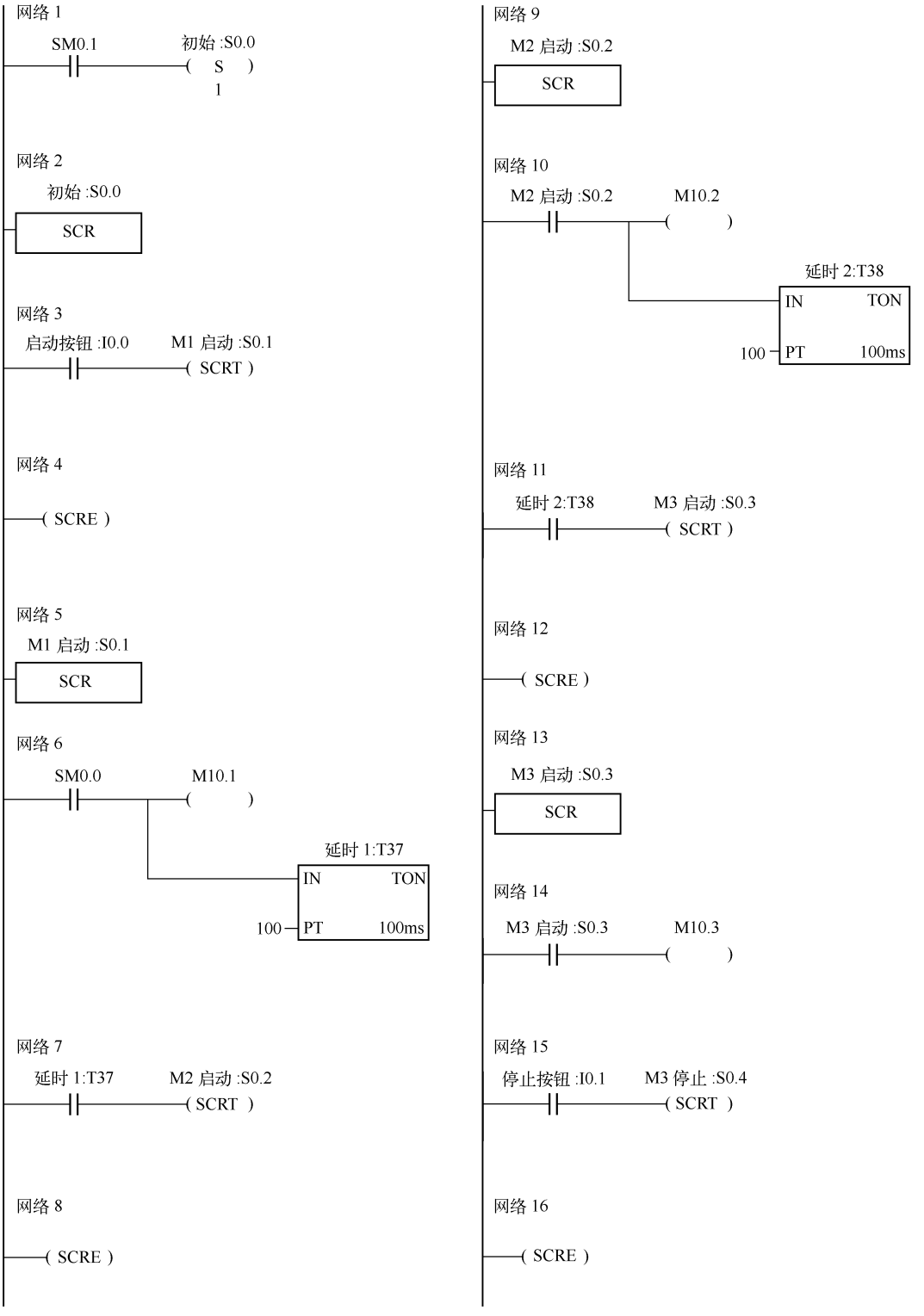


图 1-101　三台电动机的顺序启动、停止梯形图

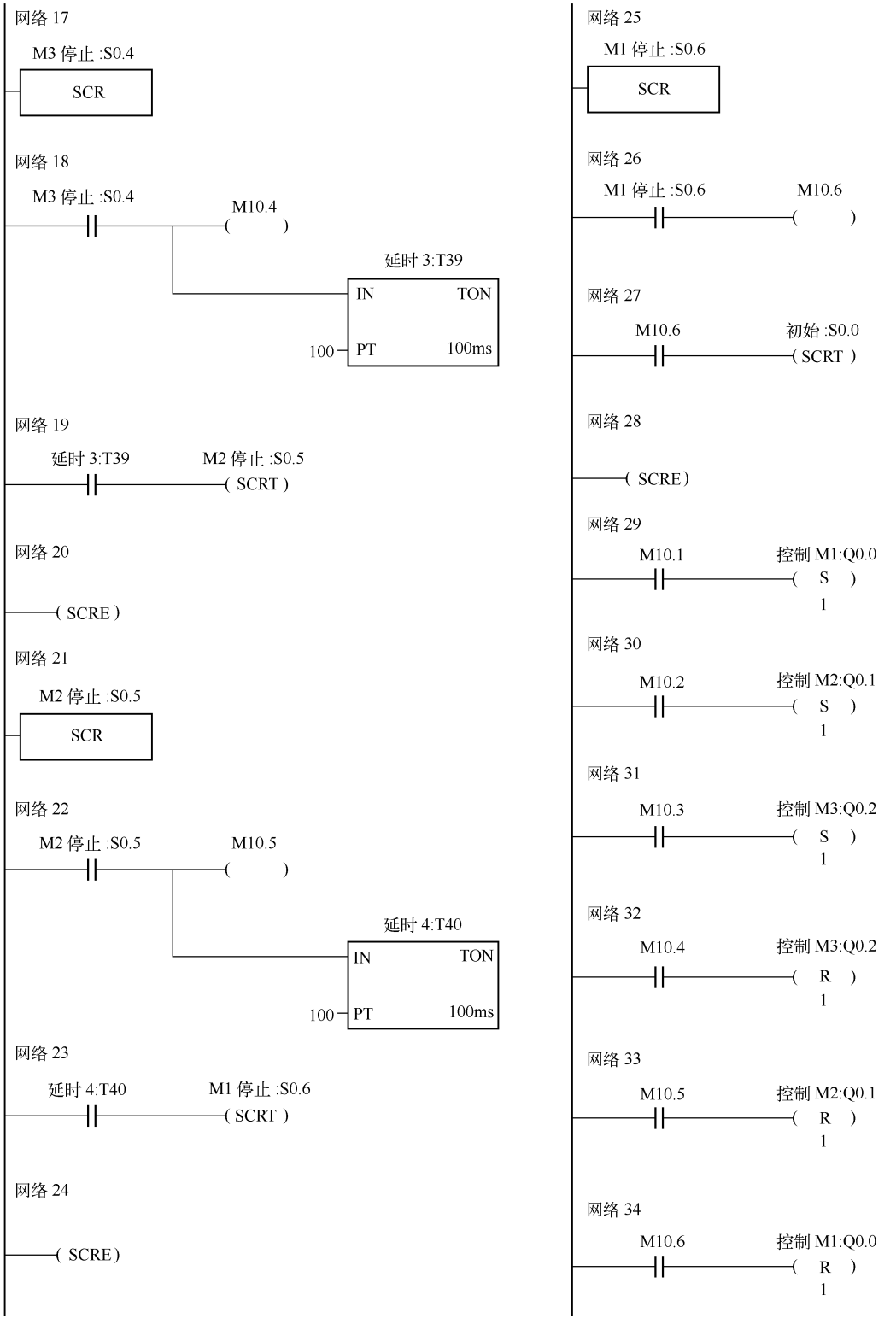


图 1－101　三台电动机的顺序启动、停止梯形图（续）

重点提示

在本实例中，是用顺序控制指令编制梯形图的。

① 初始步，如图 1-101 中的网络 1 ~ 网络 4 所示。PLC 加电后，程序都进入原点初始步，停止时同时复位除初始步之外的其他步。

② 步的驱动，如图 1-101 中的网络 5 ~ 网络 28 所示，是利用顺序控制指令编程的。

网络 5 ~ 网络 8 表示在初始状态下，按下启动按钮后进入 M1 启动步，开始延时。

网络 9 ~ 网络 12 表示延时时间到，进入 M2 启动步，开始延时。

网络 13 ~ 网络 16 表示延时时间到，进入 M3 启动步。

网络 17 ~ 网络 20 表示按下停止按钮时，进入 M3 停止步，开始延时。

网络 21 ~ 网络 24 表示延时时间到，进入 M2 停止步，开始延时。

网络 25 ~ 网络 28 表示延时时间到，进入 M1 停止步，回到初始步。

③ 输出集中执行，如图 1-101 中的网络 29 ~ 网络 34 所示，用代表启动步的常开触点将对应的线圈置位，用代表停止步的常开触点将对应的线圈复位。

4）程序的输入与调试

把如图 1-101 所示的程序传入 PLC 中，按照接线原理图接线。

按下启动按钮 SB1，输入端子 I0.0 接通，观察电动机的启动情况。按下停止按钮 SB2，输入端子 I0.1 接通，观察电动机的停止情况。

实例 32　简易机械手的 PLC 控制

实例控制要求

如图 1-102 所示是传送工件的某机械手的工作示意图。按下启动按钮后，传送带 A 运行直到光电开关 PS 检测到物体才停止，同时机械手下降。下降到位后，机械手会夹紧物体，2s 后开始上升，而机械手仍保持夹紧。机械手上升到位后左转，左转到位后下降，下降到位后松开，2s 后再上升。上升到位后，传送带 B 开始运行，同时机械手右转，右转到位后，传送带 B 停止，此时传送带 A 运行直到光电开关 PS 再次检测到物体才停止，如此循环。

机械手的上升、下降和左转、右转的执行，分别由双线圈的两位电磁阀控制汽缸的运动控制。若在下降过程中电磁阀通电，则机械手下降。若在下降过程中电磁阀断电，机械手就停止下降，保持现有的动作状态。若在上升过程中电磁阀通电，则机械手上升。左转、右转也是由对应的电磁阀控制的。夹紧、放松则是由单线圈的两位电磁阀控制汽缸的运动来实现的，线圈通电时执行夹紧动作，断电时执行放松动作。只有当机械手处于上限位时才能进行左转、右转，因此在左转、右转时可用上限条件作为联锁保护。由于上升、下降和左转、右转均采用双线圈两位电磁阀控制，两个线圈不能同时通电，所以在上升、下降和左转、右转的电路中须设置互锁环节。

为了保证机械手动作准确，机械手上安装了限位开关 SQ1，SQ2，SQ3，SQ4，以分别对机械手进行上升、下降、左转、右转等动作的限位，并给出了动作到位的信号。光电开关 PS 负责检测传送带 A 上的工件是否到位，到位后机械手便会开始动作。

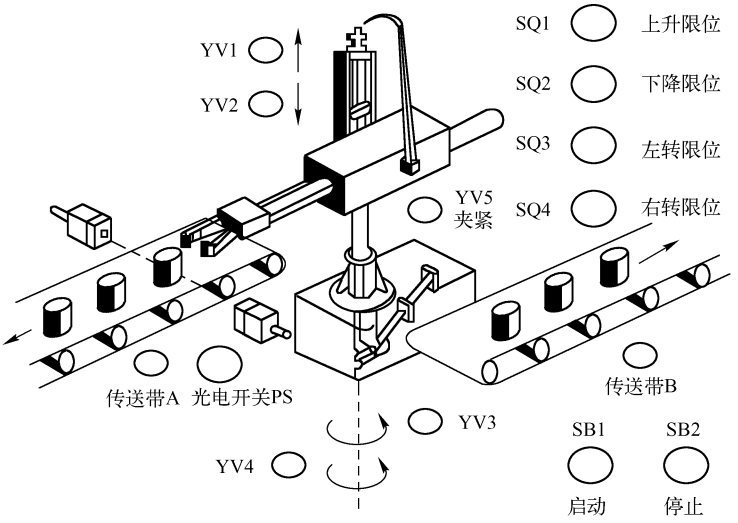


图 1－102　某机械手的工作示意图

基本知识

根据控制要求设计出功能流程图，如图 1－103 所示。

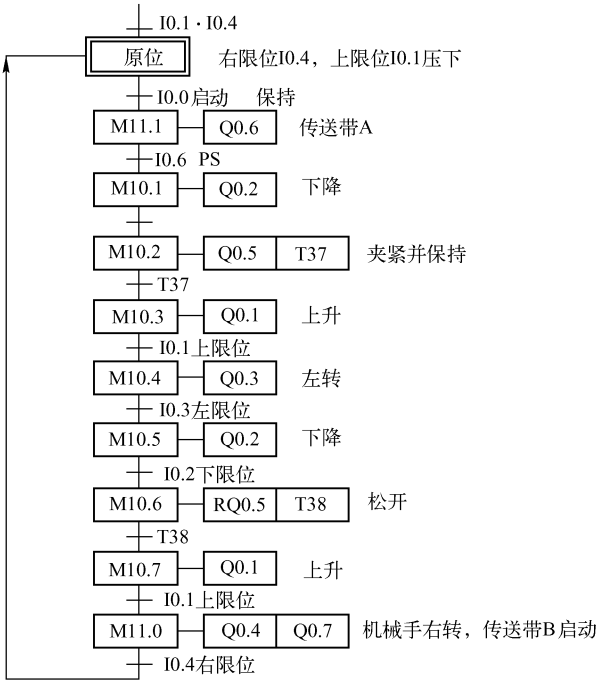


图 1－103　机械手的功能流程图

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求，分配 I/O，如表 1-60 所示。

表 1-60　I/O 的分配表

输入继电器	功　　能	输出继电器	功　　能
I0.0	启动按钮	Q0.1	上升 YV1
I0.5	停止按钮	Q0.2	下降 YV2
I0.1	上升限位 SQ1	Q0.3	左转 YV3
I0.2	下降限位 SQ2	Q0.4	右转 YV4
I0.3	左转限位 SQ3	Q0.5	夹紧 YV5
I0.4	右转限位 SQ4	Q0.6	传送带 A
I0.6	光电开关 PS	Q0.7	传送带 B

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-104 所示。

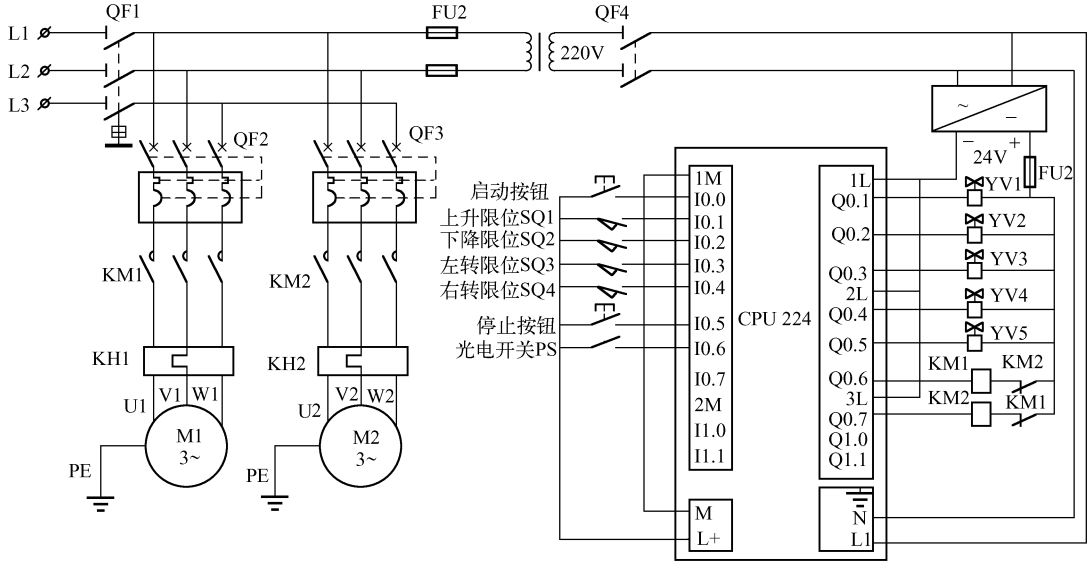


图 1-104　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压为直流 24V。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

根据顺序功能图编写机械手的梯形图，如图 1－105 所示。

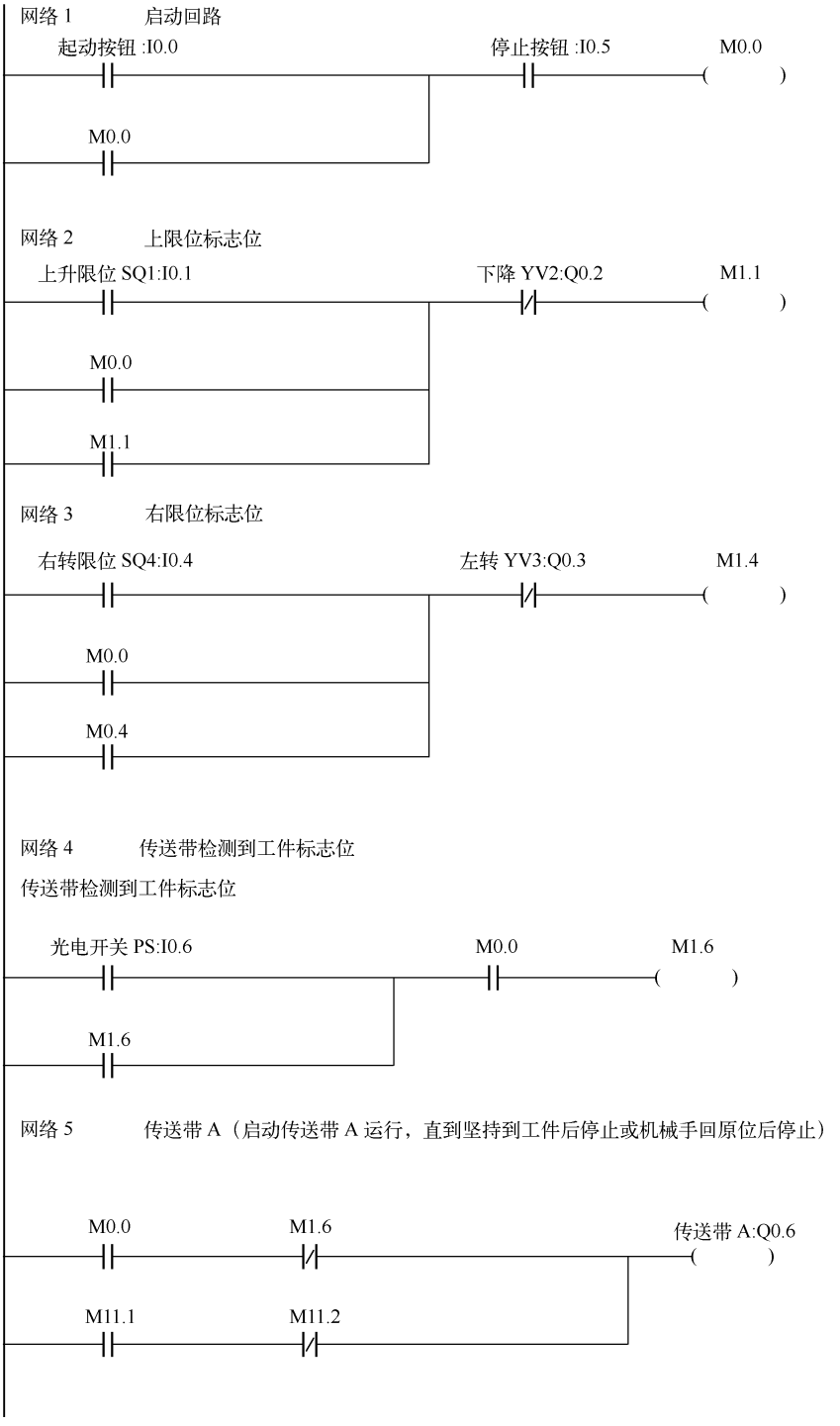
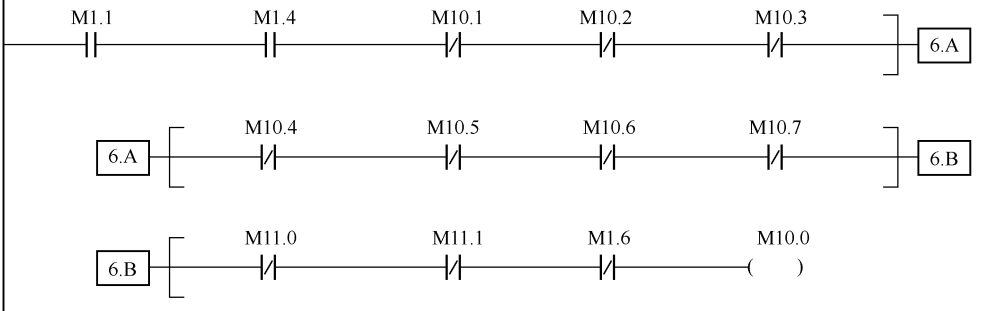
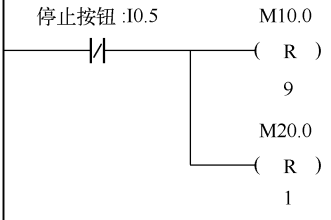


图 1－105 机械手的梯形图

网络 6　　移位寄存器的数据输入端 DATA（M10.0）由 M10.1~M11.1 各位的常闭触点、上升限位的标志位 M1.1、右转限位的标志位 M1.4 及传送带 A 检测到工件的标志位 M1.6 串联组成，即当机械手处于原位，各工步未启动时，若光电开关 PS 检测到工件，则 M10.0 置 1，这作为输入的数据，同时 也作为第一个移位脉冲信号



网络 7　　按下停止按钮，移位寄存器复位，机械手松开



网络 8　　移位脉冲信号由代表步位状态中间继电器的常开触点和代表处于该步位的转换条件触点串联支路依次并联组成

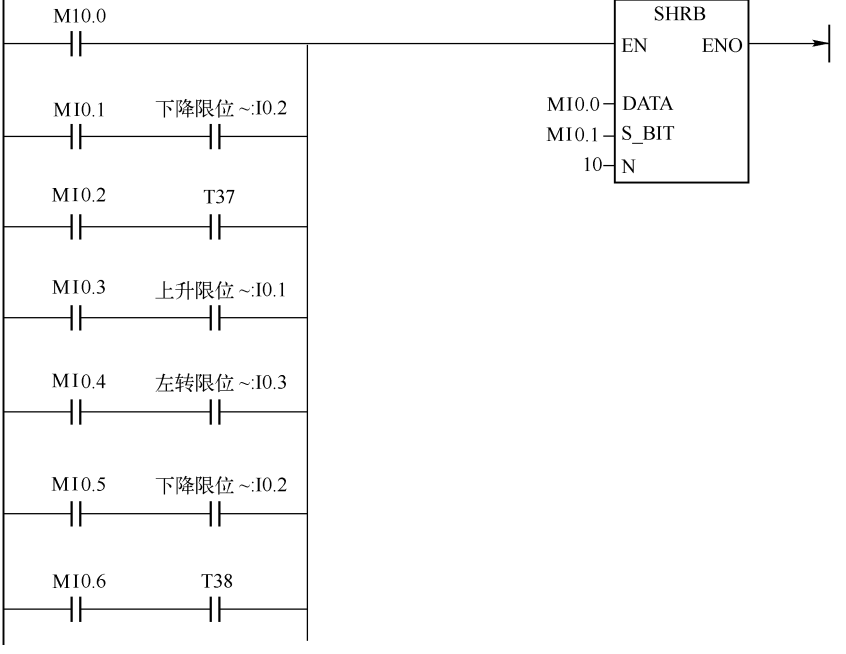


图 1-105　机械手的梯形图（续）

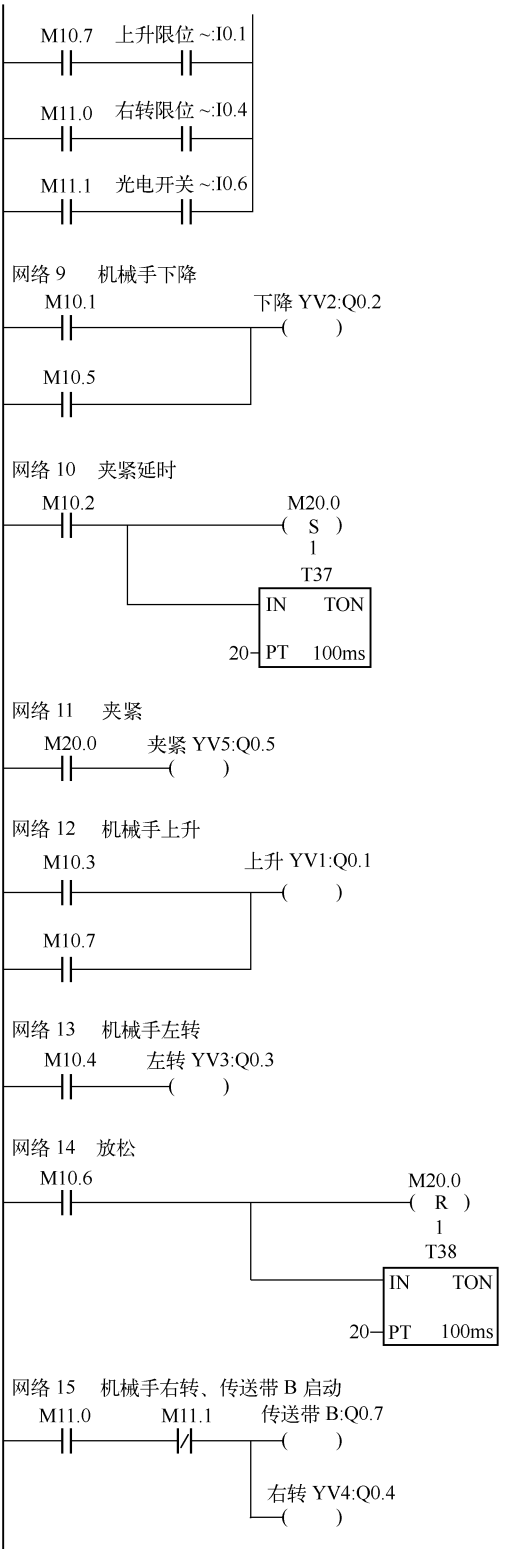


图 1－105 机械手的梯形图（续）

重点提示

本实例中采用的是移位寄存器编程方法，即用移位寄存器 M10.1～M11.2 位来代表流程图的各步，当两步之间的转换条件满足时，进入下一步。

移位寄存器的数据输入端 DATA（M10.0）由 M10.1～M11.1 各位的常闭触点、上升限位的标志位 M1.1、右转限位的标志位 M1.4 及传送带 A 检测到工件的标志位 M1.6 串联组成，即当机械手处于原位，各工步未启动时，若光电开关 PS 检测到工件，则 M10.0 置 1，这作为输入的数据，同时也作为第一个移位脉冲信号。以后的移位脉冲信号由代表步位状态中间继电器的常开触点和代表处于该步位的转换条件触点串联支路依次并联组成。

在 M10.0 线圈回路中串联 M10.1～M11.1 各位的常闭触点，是为了防止在机械手还没有回到原位的运行过程中移位寄存器的数据输入端再次置 1，这是因为移位寄存器中的“1”信号在 M10.1～M11.1 之间依次移动时，各步状态位对应的常闭触点总有一个处于断开状态。当“1”信号移到 M11.2 时，机械手会回到原位，此时移位寄存器的数据输入端重新置 1；若启动电路保持接通（M0.0＝1），机械手将重复工作。当按下停止按钮时，移位寄存器复位，机械手立即停止工作。

4）程序的输入与调试

把如图 1-105 所示的程序传入 PLC 中，按照接线原理图接线。

在调试过程中，应先模拟调试，此时可用继电器代替电磁阀等元件。然后再接通启动按钮，验证程序是否符合要求。等模拟调试成功后方可在实际线路中调试。

实例 33　十字路口交通灯

实例控制要求

如图 1-106 所示是十字路口交通灯的示意图。当按下启动按钮时，信号灯系统开始工作，且南北红灯先亮，东西绿灯后亮。当按下停止按钮时，所有信号灯都熄灭。

南北红灯亮时会维持 7.5s，在南北红灯亮的同时东西绿灯也亮，并维持 5s。到 5s 时，东西绿灯熄灭。东西绿灯熄灭时，东西黄灯闪亮，并维持 2.5s。到 2.5s 时，东西黄灯熄灭，东西红灯亮，同时南北红灯熄灭，南北绿灯亮。东西红灯亮时会维持 6.5s，同时南北绿灯亮并维持 4s 后熄灭。南北绿灯熄灭时，南北黄灯闪亮，并维持 2.5s。到 2.5s 后南北黄灯熄灭，这时南北红灯亮，东西绿灯亮。如此周而复始。

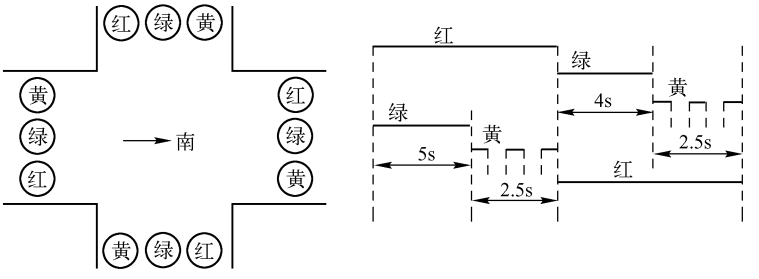
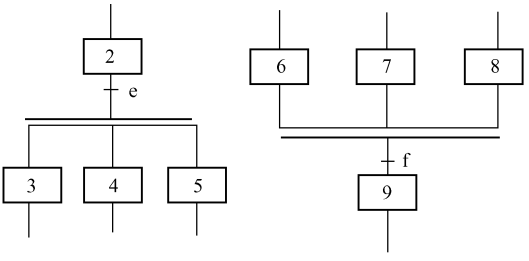


图 1-106　十字路口交通灯的示意图

基本知识

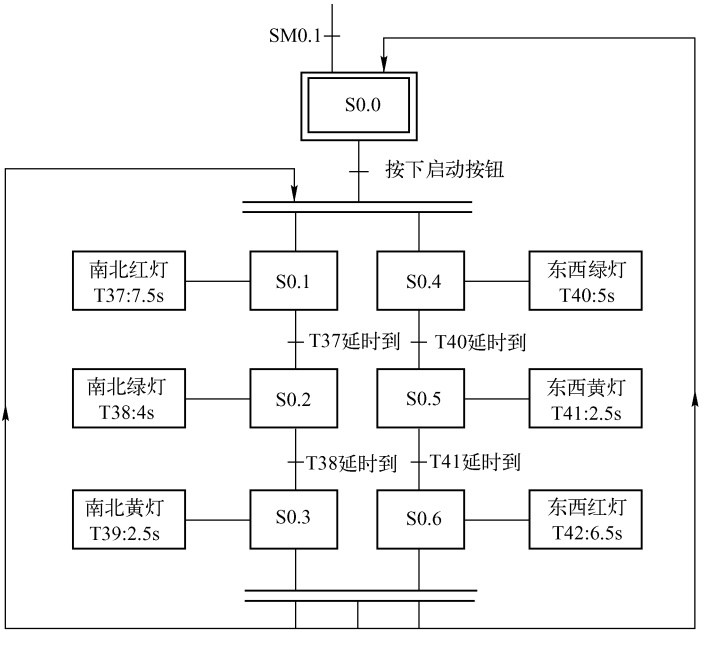
十字路口交通灯的功能流程图是一个典型并行分支结构。并行分支也分两种，如图 1-107（a)所示为并行分支的开始，如图 1-107（b）所示为并行分支的结束，也称合并。并行分支的开始是指当转换条件实现后，同时使多个后续步激活。为了强调转换的同步实现，水平连线用双线表示。在图 1-107（a）中，当工步 2 处于激活状态时，若转换条件 e＝1，则工步 3、4、5 同时启动，工步 2 必须等工步 3、4、5 都开启后才能关断。并行分支的合并是指当前级步 6，7，8 都为活动步，当转换条件 f 成立时，开通工步 9，同时关断工步 6，7，8。



（a）并行分支的开始　　（b）并行分支的结束

图 1-107　并行分支

十字路口交通灯的功能流程图具体如图 1-108 所示。



未按下停止按钮，进入循环　　按下停止按钮，回到初始状态

图 1-108　十字路口交通灯的功能流程图

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求分配 I/O，如表 1-61 所示。

表 1-61　I/O 的分配表

输入继电器	功　　能	输出继电器	功　　能
I0.0	启动按钮 SB1	Q0.0	南北方向红灯 EL1
I0.1	停止按钮 SB2	Q0.1	南北方向绿灯 EL2
		Q0.2	南北方向黄灯 EL3
		Q0.3	东西方向红灯 EL4
		Q0.4	东西方向绿灯 EL5
		Q0.5	东西方向黄灯 EL6

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-109 所示。

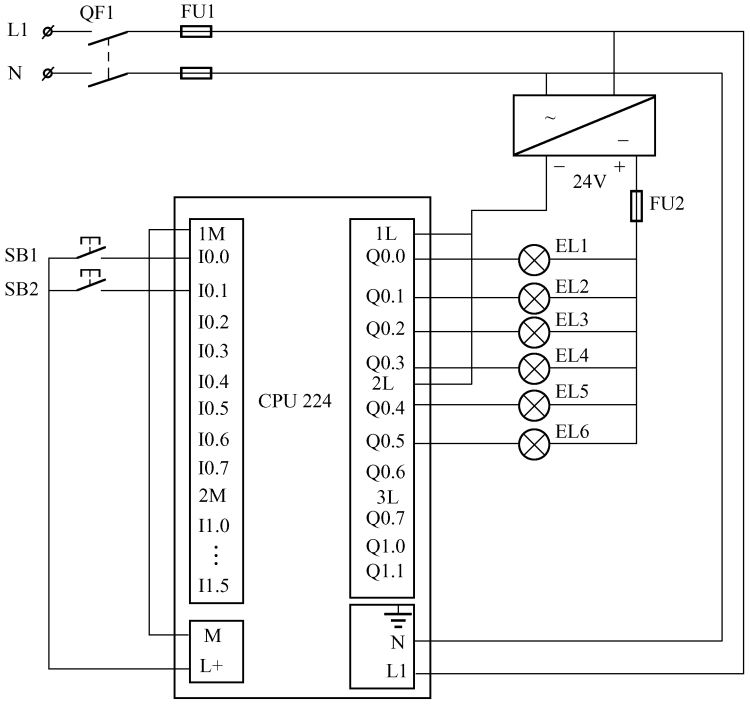


图 1-109　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压为直流 24V。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

根据功能流程图编写梯形图，如图 1-110 所示。



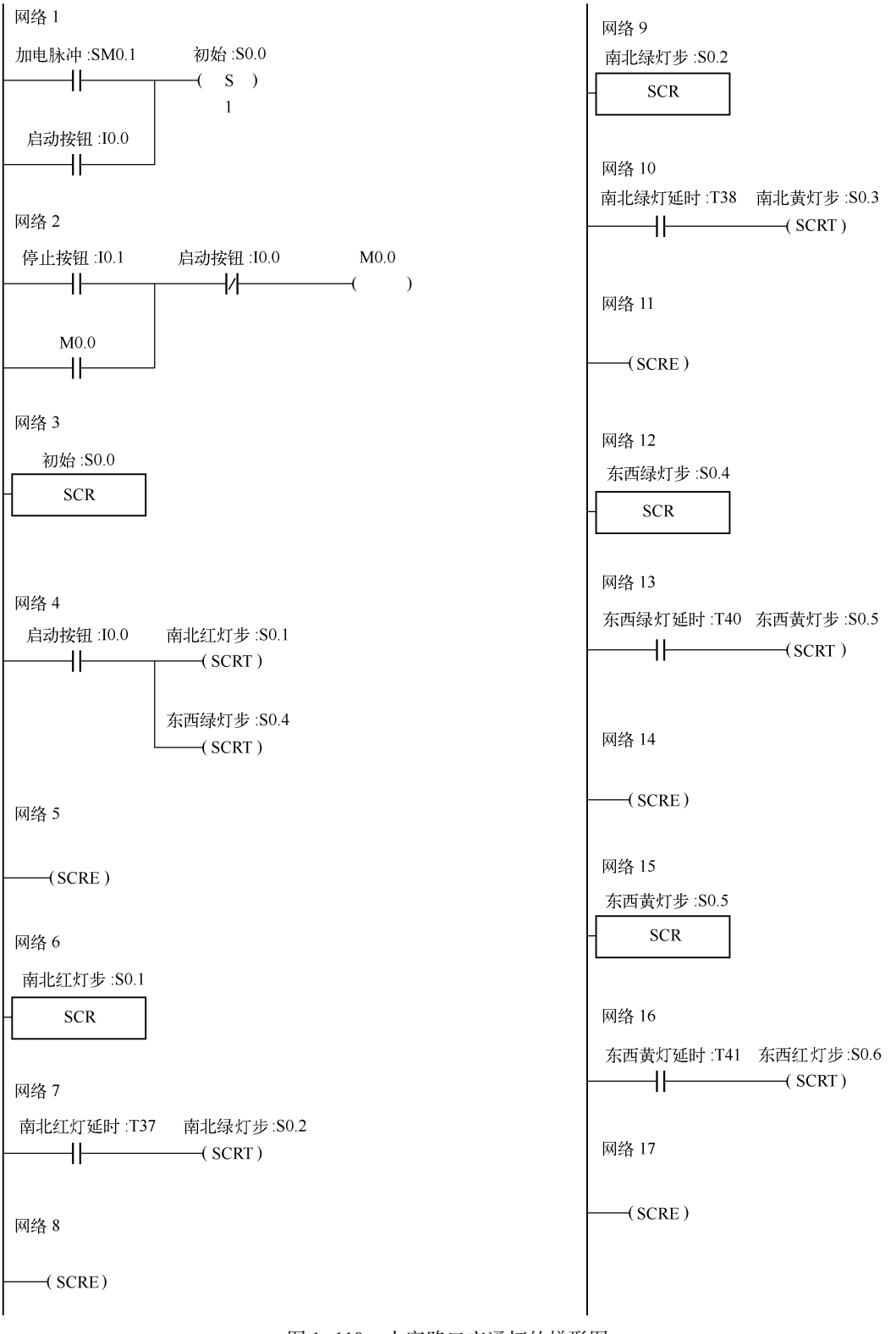


图 1-110　十字路口交通灯的梯形图

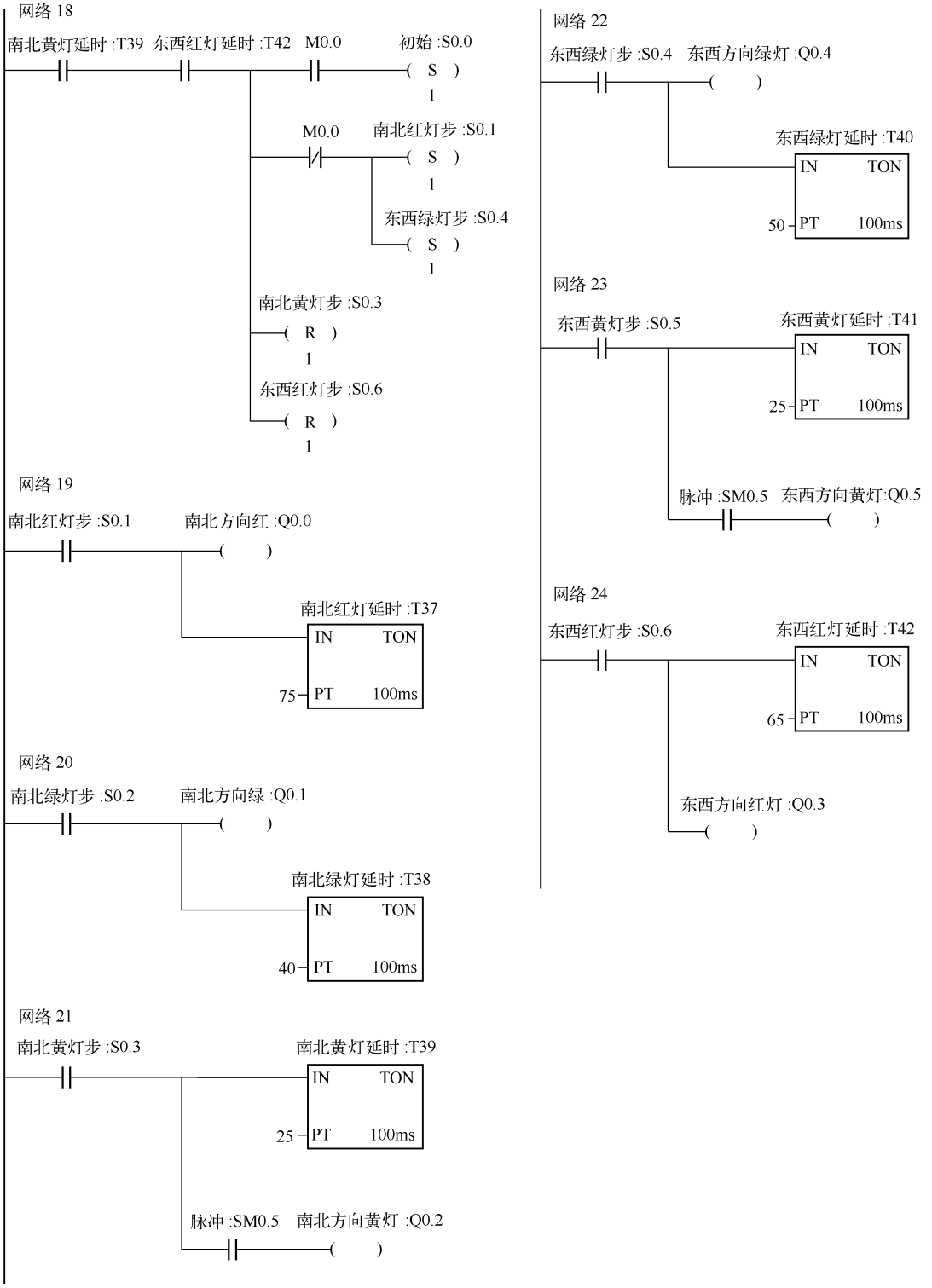


图 1-110　十字路口交通灯的梯形图（续）



重点提示

在本实例中，是用顺序控制指令编制梯形图的。

① 初始步，如图 1-110 中的网络 1～网络 5 所示。当 PLC 加电后，按下急停按钮以后程序都进入原点初始步，停止按钮状态锁存。按下启动按钮后，同时进入南北红灯步与东西绿灯步。

② 步的驱动，如图 1-110 中的网络 6～网络 18 所示，是利用顺序控制指令来编程的。

网络 6～网络 8 表示南北红灯步延时结束后转换到南北绿灯步。

网络 9～网络 11 表示南北绿灯延时结束后转换到南北黄灯步。

网络 12～网络 14 表示东西绿灯延时结束后转换到东西黄灯步。

网络 15～网络 17 表示东西黄灯步延时结束后转换到东西红灯步。

网络 18 表示南北黄灯延时与东西红灯延时同时闭合，此时：

a. 若按下停止按钮则转换到初始步；

b. 若按下停止按钮则转换到南北红灯步与东西绿灯步。

③ 输出集中执行，如图 1-110 中的网络 19～网络 24 所示，用代表步的常开触点驱动对应的线圈。

4）程序的输入与调试

把如图 1-110 所示的程序传入 PLC 中，按照接线原理图接线。

接通启动按钮，交通指示灯进入运行状态，观察指示灯的变化是否符合控制要求。

实例 34　多种液体混合装置



实例控制要求

如图 1-111 所示是两种液体混合装置示意图，有两种待混合液体 A 和 B，对应的进料阀门为 YV1、YV2，混合液放料的阀门为 YV3。储罐由下而上设置为三个液位传感器 L1、L2、L3，液面淹没时接通。

控制要求：

（1）投入运行时储罐内为放空状态；

（2）按下启动按钮后，液体 A 的阀门 YV1 打开，液体 A 注入。当液面到达 L2 时关闭液体 A 的阀门 YV1，打开液体 B 的阀门 YV2。当液面到达 L3 时，关闭液体 B 的阀门 YV2，搅拌电动机开始工作，1min 后停止搅拌，阀门 YV3 打开，开始放出混合液。当液面下降到 L1 位置，并使 L1 由接通变为断开时，再过 20s 后，储罐放空，阀门 YV3 关闭，接着开始下一个循环；

（3）按下停止按钮，待处理完当前周期的剩余工作后，系统停止在初始状态，等待下一次启动的开始。



基本知识

两种液体混合装置的功能流程图是一个典型循环结构。

在实际生产的工艺流程中，若要求在某些条件下执行预定的动作，则可使用跳转程序；

若需要重复执行某一过程，则可使用循环程序。循环、跳转流程如图 1–112 所示。

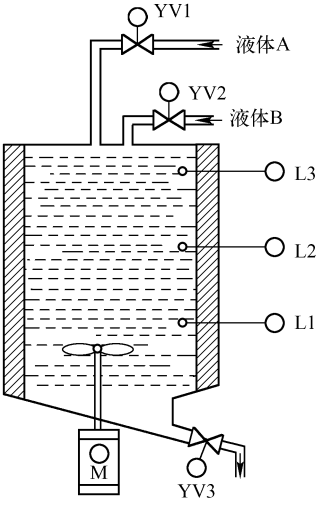


图 1–111　两种液体混合装置示意图

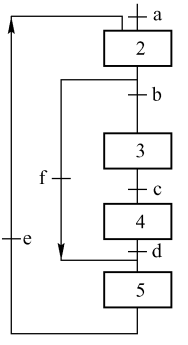


图 1–112　循环、跳转流程

跳转流程：当步 2 为活动步时，若条件 f = 1，则跳过步 3 和步 4，直接激活步 5。
循环流程：当步 5 为活动步时，若条件 e = 1，则激活步 2，循环执行。
两种液体混合装置的功能流程图如图 1–113 所示。

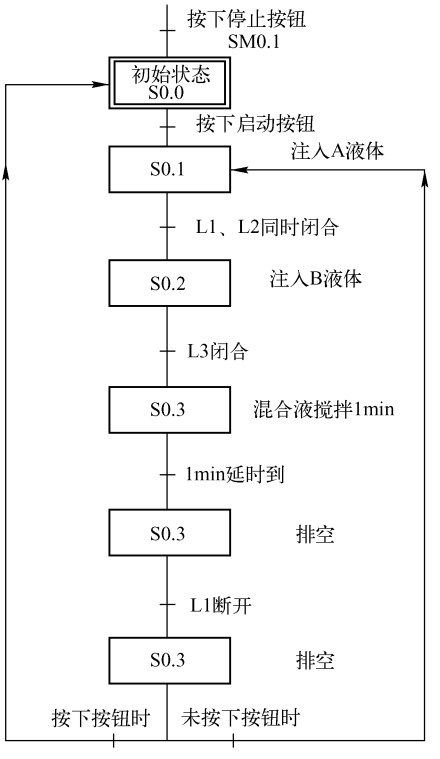


图 1–113　两种液体混合装置的功能流程图

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求分配 I/O，如表 1－62 所示。

表 1－62　I/O 的分配表

输入继电器	功　能	输出继电器	功　能
I0.0	启动按钮	Q0.0	液体 A 阀门 YV1
I0.1	停止按钮	Q0.1	液体 B 阀门 YV2
I0.2	L1 液面传感器	Q0.2	混合液阀门 YV3
I0.3	L2 液面传感器	Q0.3	搅拌电动机 KM1
I0.4	L3 液面传感器		

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析、设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1－114 所示。

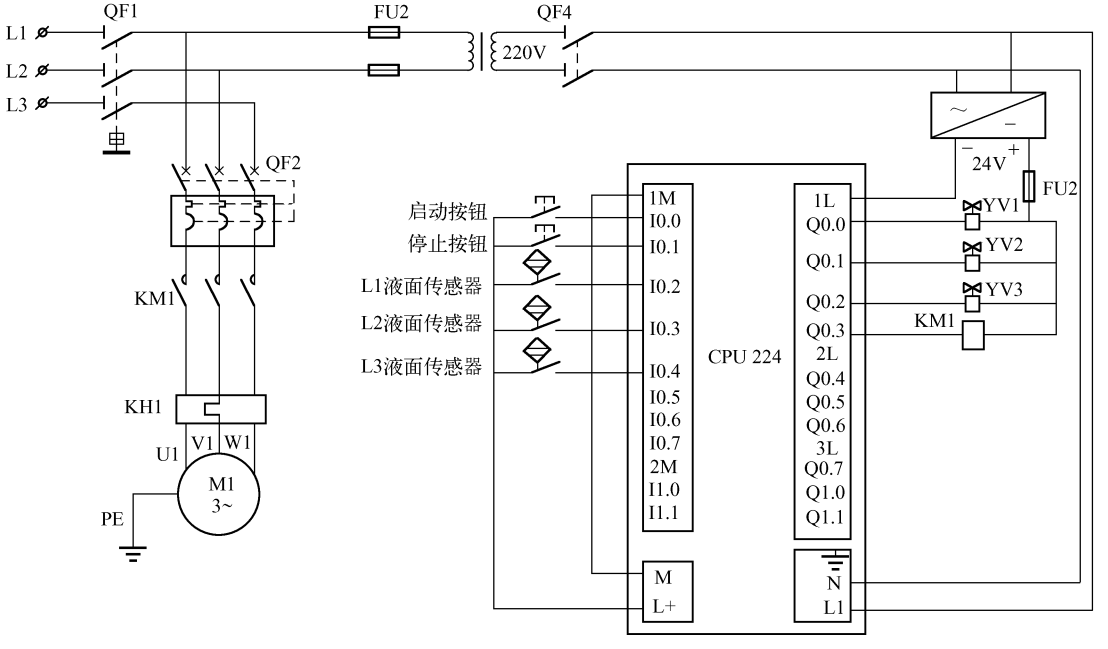


图 1－114　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压为直流 24V。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

根据功能图编写梯形图，如图 1－115 所示。

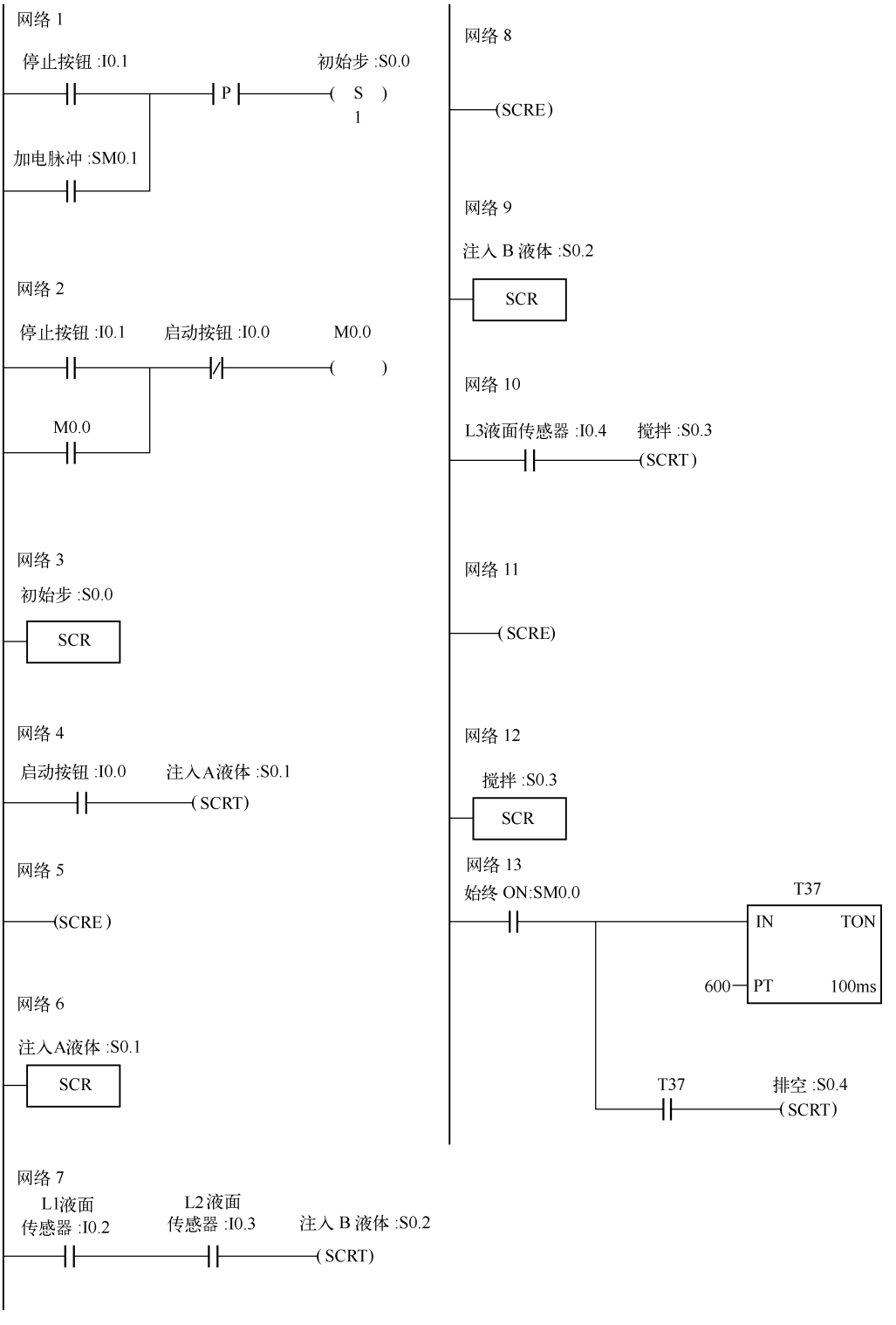


图 1-115　两种液体混合装置的梯形图

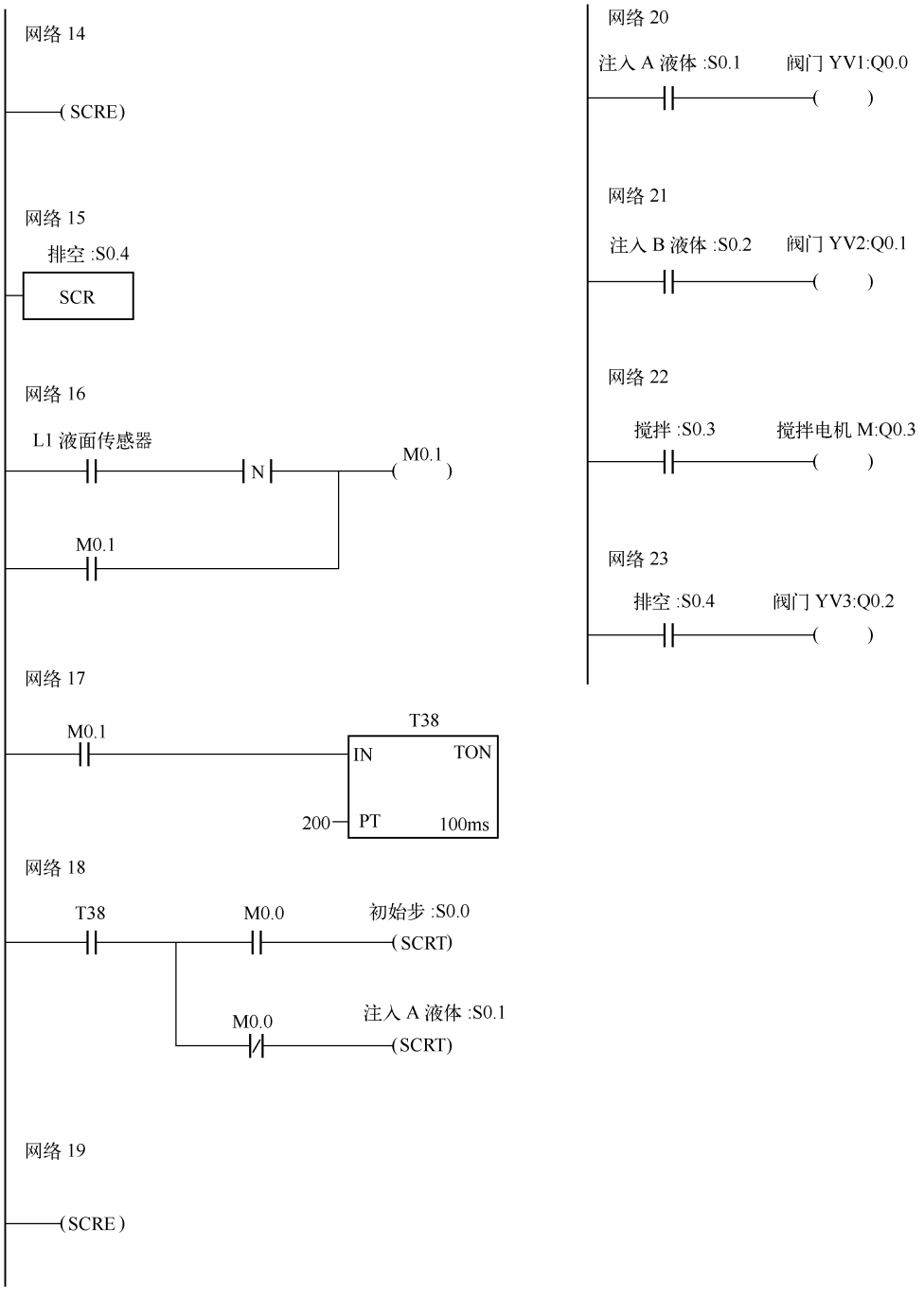


图 1－115　两种液体混合装置的梯形图（续）



重点提示

本实例是用顺序控制指令编制梯形图的。

① 初始步，如图 1－115 中的网络 1 ~ 网络 5 所示。当 PLC 加电，按下急停按钮后程序都进入原点初始步。按下启动按钮后进入注入 A 液体步。

② 步的驱动，如图 1-115 中的网络 6 ~ 网络 18 所示，是利用顺序控制指令来编程的。

网络 6 ~ 网络 8 表示当 L1 液面传感器与 L2 液面传感器闭合时转换到注入 B 液体步。

网络 9 ~ 网络 11 表示当 L3 液面传感器闭合时转换到搅拌步。

网络 12 ~ 网络 14 表示 1min 后停止搅拌转换到排空步。

网络 15 ~ 网络 19 表示 L1 液面传感器断开时开始延时，延时结束后转换到初始步。

③ 输出集中执行，如图 1-127 中的网络 20 ~ 网络 23 所示，用代表步的常开触点驱动对应的线圈。

4）程序的输入与调试

把如图 1-115 所示的程序传入 PLC 中，按照接线原理图接线。

接通启动按钮，模拟调试程序，观察各种动作是否符合控制要求。

实例 35　机械臂大小球分选系统

实例控制要求

如图 1-116 所示是机械臂大小球分选系统示意图，按下启动按钮 SB1 即开启大小球分选系统，图中的左上角为机械原点，其动作顺序为：下降→吸球→上升→右行→下降→上升→左行返回。例如，机械臂下降（设定下降时间为 2s）时，当电磁铁压着大球，下限开关 LS2 断开；当电磁铁压着小球，下限开关 LS2 接通。

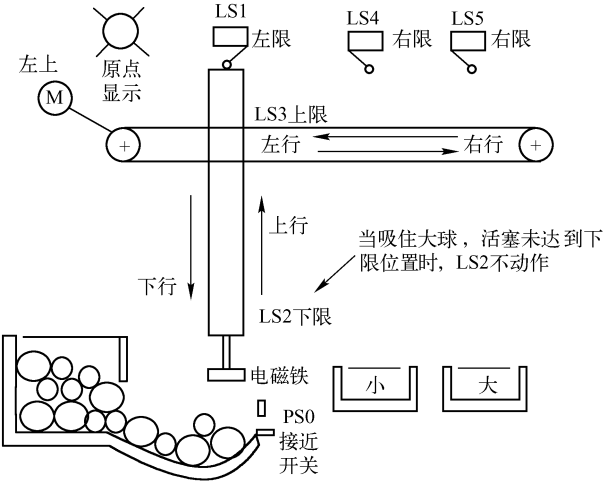


图 1-116　机械臂大小球分选系统示意图

基本知识

通过控制要求的分析，可知机械臂大小球分选系统功能图是一个典型的选择性分支与汇合流程结构。选择性分支与汇合如图 1-117 所示。

选择分支的开始指一个前级步后面紧接着若干个后续步以供选择，各分支都有各自的转换条件，在图 1-117 中则表示为各自分支中代表转换条件的短画线。

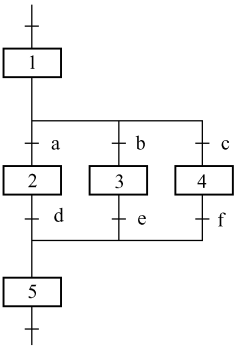


图 1－117　选择性分支与汇合

选择分支结束，又称选择分支合并，是指几个选择分支在各自的转换条件成立时转换到一个公共步上。

在图 1－117 中，假设 1 为活动步，若转换条件 a＝1，则执行工步 2；若转换条件 b＝1，则执行工步 3；若转换条件 c＝1，则执行工步 4。换句话说，哪个条件满足，则选择相应的分支，同时关断上一步。一般只允许选择其中一个分支。

在图 1－117 中，如果工步 2 为活动步，转换条件 d＝1，则工步 2 向工步 5 转换；如果工步 3 为活动步，转换条件 e＝1，则工步 3 向工步 5 转换；如果工步 4 为活动步，转换条件 f＝1，则工步 4 向工步 5 转换。

如图 1－118 所示是机械臂大小球分选系统功能图。

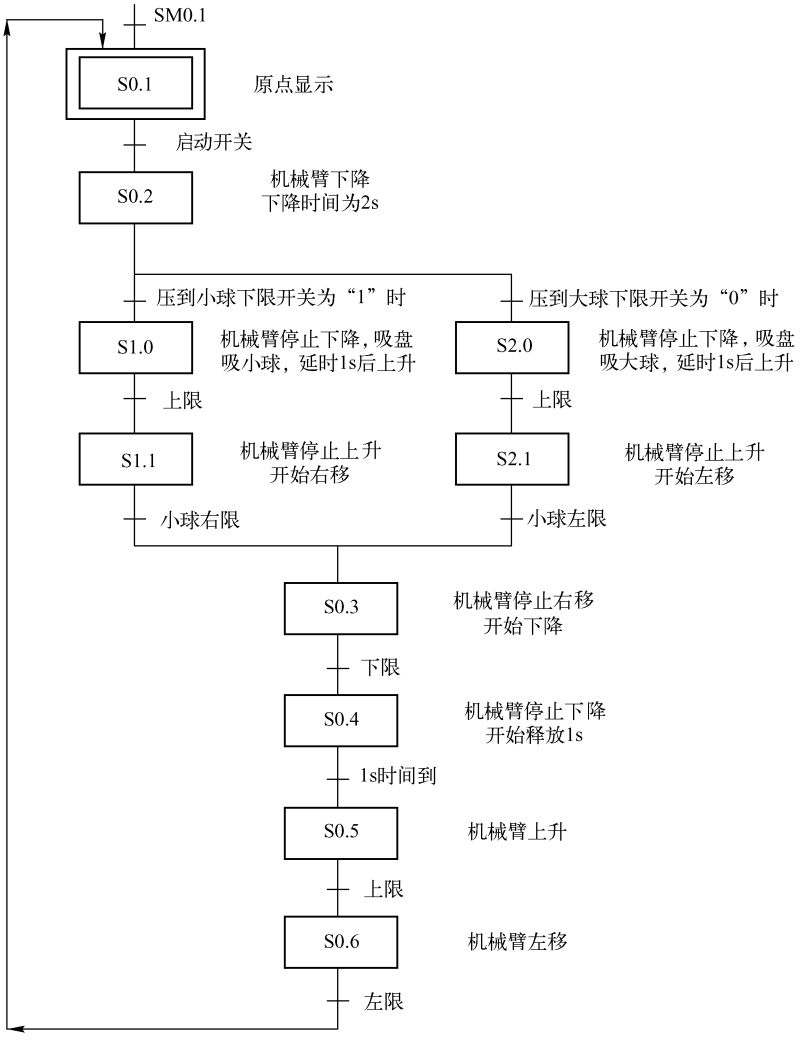


图 1－118　机械臂大小球分选系统功能图

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求分配 I/O，如表 1-63 所示。

表 1-63　I/O 的分配表

输入继电器	功　能	输出继电器	功　能
I0.0	启动按钮 SB1	Q0.0	下降
I0.1	左限 LS1	Q0.1	吸盘
I0.2	下限 LS2	Q0.2	上升
I0.3	上限 LS3	Q0.3	右移
I0.4	右限（小球）LS4	Q0.4	左移
I0.5	右限（大球）LS5	Q0.5	原点显示

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-119 所示。

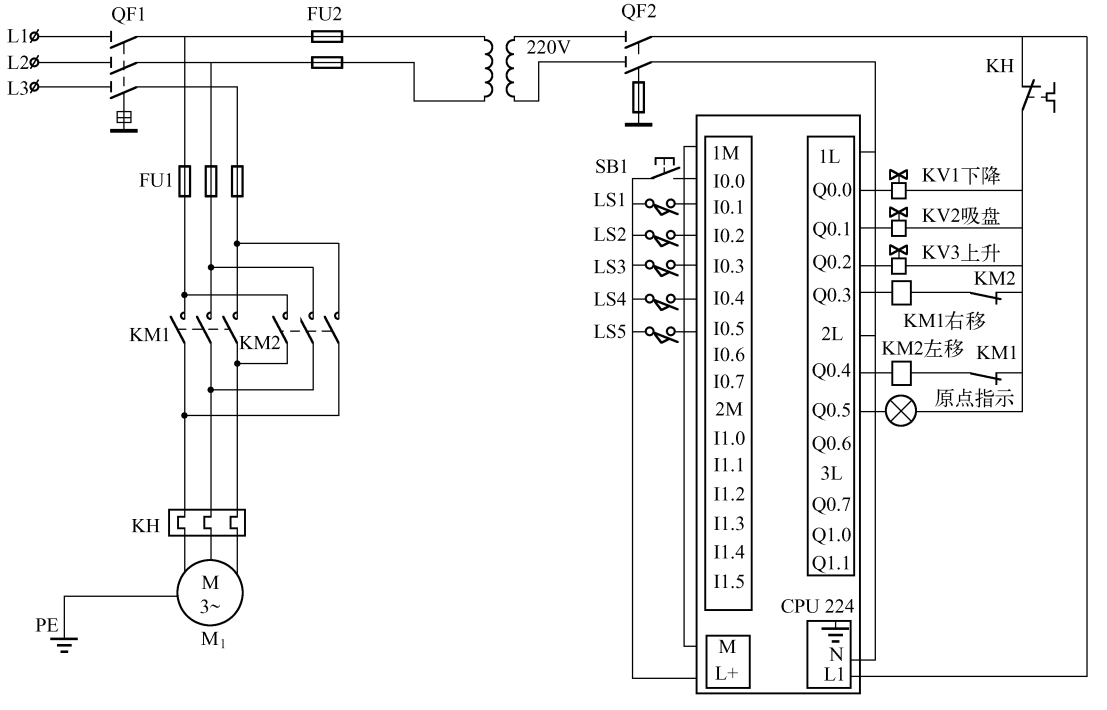


图 1-119　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）程序设计

根据顺序功能图编写的机械臂大小球分选系统的梯形图，如图 1-120 所示。

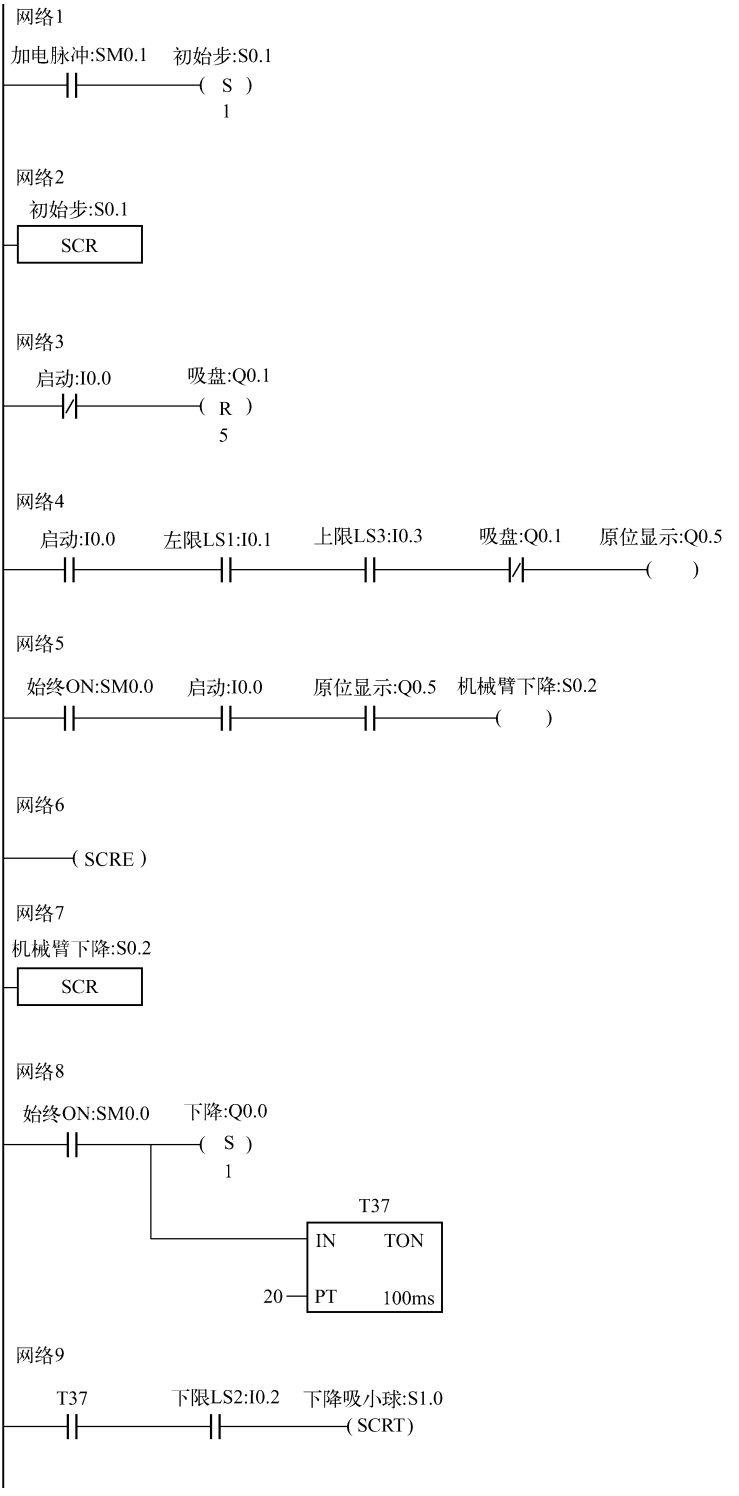


图 1-120　机械臂大小球分选系统的梯形图

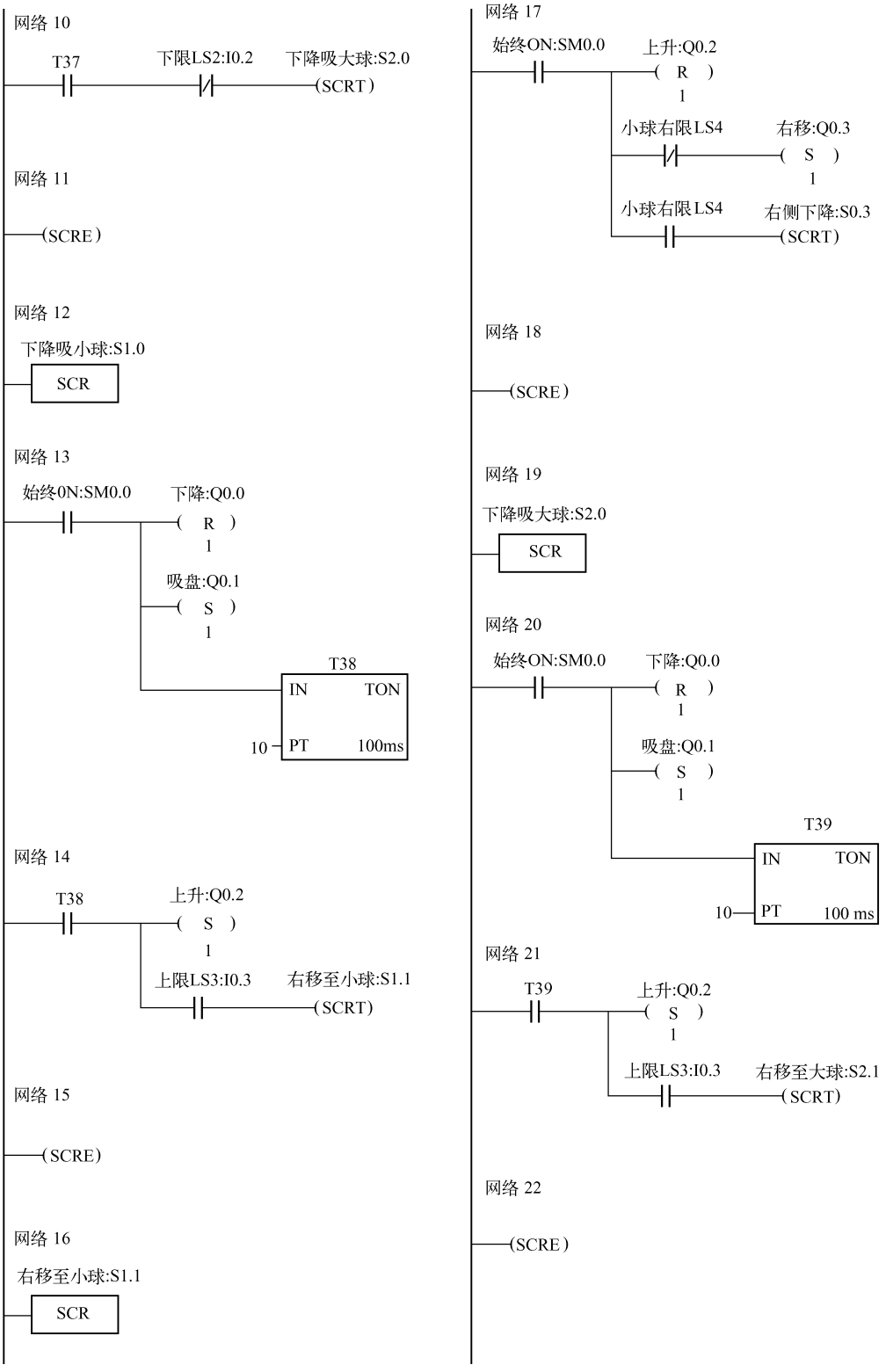


图 1-120 机械臂大小球分选系统的梯形图（续）

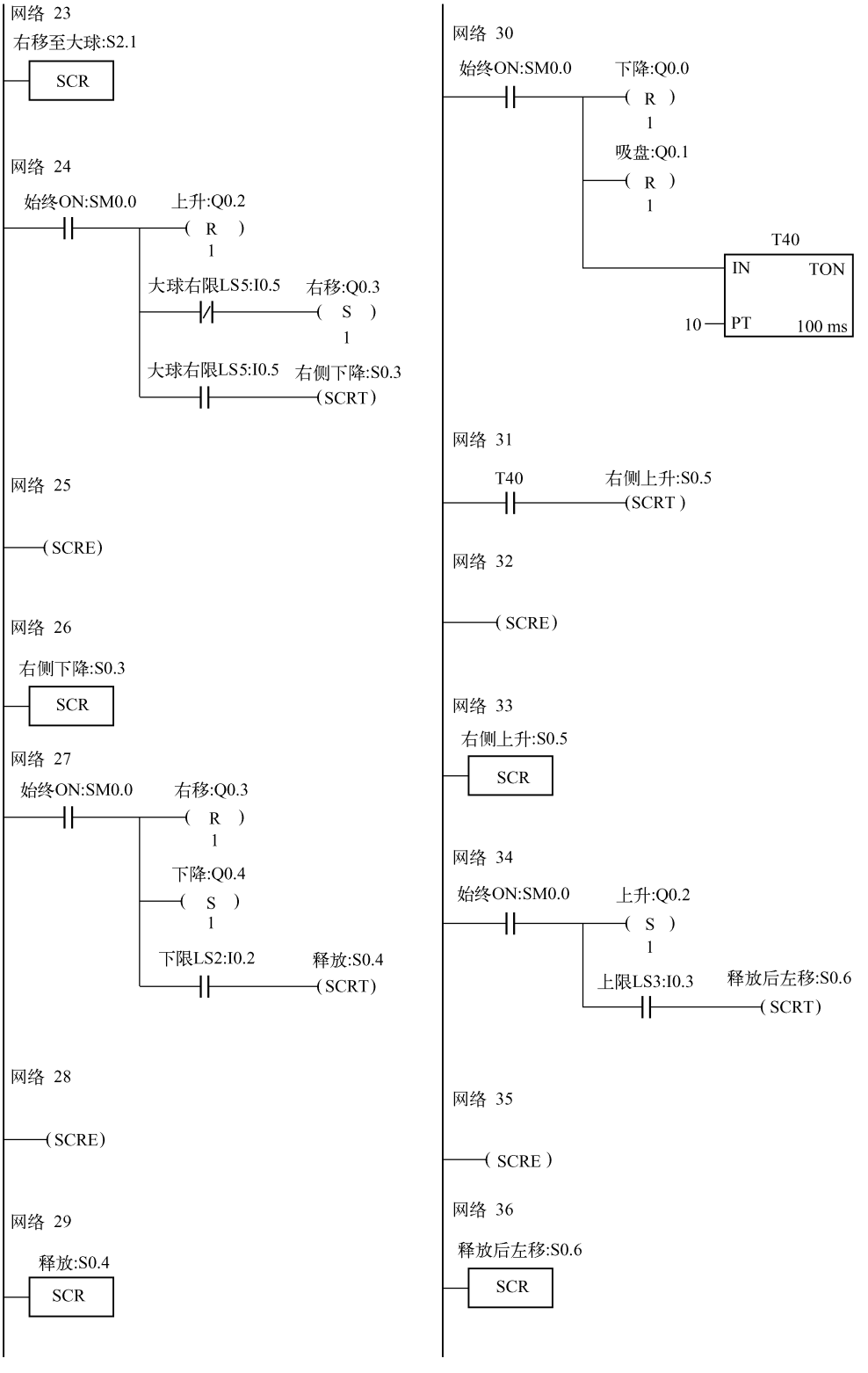


图 1－120　机械臂大小球分选系统的梯形图（续）

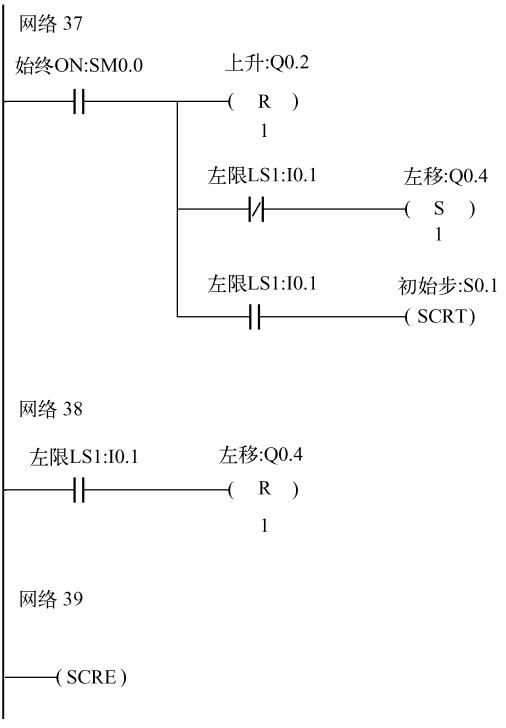


图 1-120　机械臂大小球分选系统的梯形图（续）

重点提示

机械臂大小球分选系统功能图的结构既有循环又有选择分支。用顺序控制指令编制的梯形图程序如图 1-120 所示。

（1）初始步，如图 1-120 中的网络 1 ~ 网络 6 所示，PLC 加电瞬间完成原点初始步。当启动开关置于停止位置时对所有输出复位；当启动开关置于启动位置时，机械臂在左限、上限、释放状态下点亮原点指示灯并进入机械臂下降步。

（2）步的驱动与执行，如图 1-120 中的网络 7 ~ 网络 39 所示，是利用顺序控制指令来编程的。

网络 7 ~ 网络 11 表示机械臂下降 2s。一旦下降定时 2s 到，若下限开关 LS2 为“1”（小球），则切换到选择分支状态 S1. 0；若下限开关 LS2 为“0”（大球），则切换到选择分支状态 S2. 0。

网络 12 ~ 网络 15 表示 S1. 0 步。机械臂停止下降，吸盘吸小球，定时 1s。1s 后，机械臂上升至上限 LS3，并转换到状态 S1. 1（右移至小球）。

网络 16 ~ 网络 18 表示 S1. 1 步。机械臂停止上升，右移至小球右限 LS4，转换到汇合状态 S0. 3（右侧下降）。

网络 19 ~ 网络 22 表示 S2. 0 步。机械臂停止下降，吸盘吸大球，定时 1s 。1s 后，机械臂上升至上限 LS3，并转换到状态 S2. 1（右移至大球）。

网络 23 ~ 网络 25 表示 S2. 1 步。机械臂停止上升，右移至大球右限 LS5，并转换到汇合

状态 S0.3（右侧下降）。

网络 26～网络 28 表示 S0.3 步。机械臂停止右移，下降至下限 LS2，并转换到状态 S0.4（右侧下降）。

网络 29～网络 32 表示 S0.4 步。机械臂停止下降，释放大小球，释放时间为 1s。释放完毕，转换到状态 S0.5（右侧上升）。

网络 33～网络 35 表示 S0.5 步。机械臂上升到上限位，上限开关 LS3 闭合，转换到状态 S0.6（释放后左移）。

网络 36～网络 39 表示 S0.6 步。机械臂停止上升，左移至左限。左限位开关 LS1 闭合，转换到状态 S0.1 开始新一轮控制。

在本实例中，在 SCR 段中是用 SM0.0 的常开触点来驱动在该步中应为 1 状态的输出点（Q）的线圈，并用转换条件对应的触点或电路来驱动转换到后续步的 SCRT 指令的。

4）程序的输入与调试

把如图 1－120 所示的程序传入 PLC 中，按照原理接线图接线。

按下启动按钮 SB1 开启大小球分拣系统，观察分拣系统的运行是否符合控制要求。

实例 36　三层电梯的 PLC 控制



实例控制要求

如图 1－121 所示是采用 PLC 构成的三层简易电梯电气控制系统。电梯的上、下行用 KM1 和 KM2 表示，KM2 表示电梯上升，KM1 表示电梯下降。一层有上升呼叫按钮 SB4 和指示灯 E4，二层有上升呼叫按钮 SB6 和指示灯 E6，以及下降呼叫按钮 SB5 和指示灯 E5，三层有下降呼叫按钮 SB7 和指示灯 E7。一至三层有到位限位开关 SQ1～SQ3。电梯内有一至三层按钮 SB1～SB3、指示灯 E1～E3、电梯开门和关门按钮 SB10 和 SB11，电梯

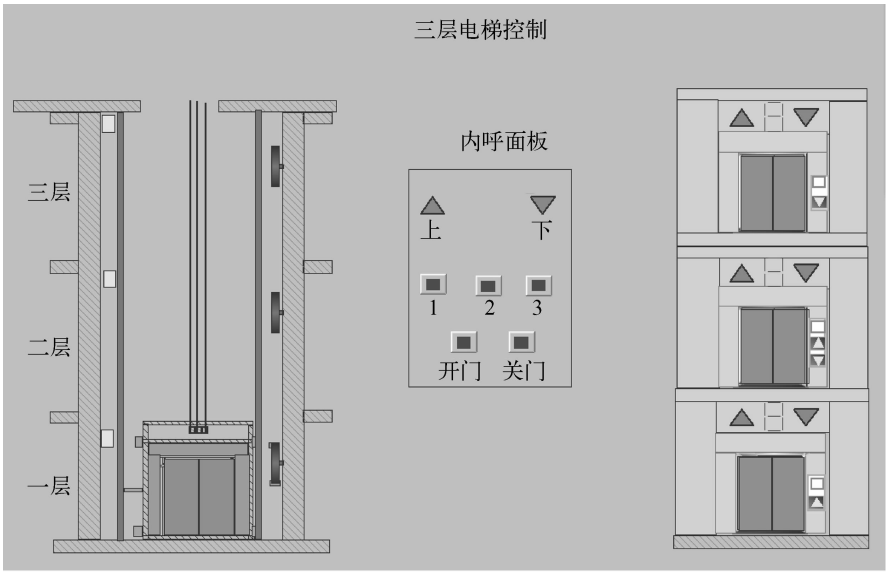


图 1－121　三层简易电梯的电气控制系统示意图

开门和关门分别通过指示灯 E8 和 E9 来表示，关门到位用行程开关 SQ5 表示，开门到位用行程开关 SQ4 表示。

控制要求：

（1）当电梯的轿厢停于第一层或第二层时，按第三层上升按钮，则轿厢上升至第三层后停；

（2）当电梯的轿厢停于第三层或第二层时，按第一层下降按钮，则轿厢下降至第一层后停；

（3）当轿厢停在第一层时，按第二层上升按钮，则轿厢上升至第二层后停；

（4）当轿厢停在第三层时，按第二层下降按钮，则轿厢下降至第二层后停；

（5）当轿厢停在第一层时，若第二层、第三层均有呼梯信号，则轿厢上升至第二层暂停后，继续上升至第三层；

（6）当轿厢停在第三层时，若第二层、第一层均有呼梯信号，则轿厢下降至第二层暂停后，继续下降至第一层。

基本知识

电梯是根据外部呼叫信号及自身控制规律等运行的，而呼叫是随机的，因此电梯控制系统实际上是一个人机交互式的控制系统。单纯用顺序控制或逻辑控制是不能满足控制要求的，因此，在本实例中将电梯控制程序划分为了“数据采集与显示”、“呼梯判断”、“上行处理”及“下行处理”几个子程序。“数据采集与显示”采用的是逻辑控制，“呼梯判断”、“上行处理”及“下行处理”采用的是顺序控制。总体设计图如图 1-122 所示。

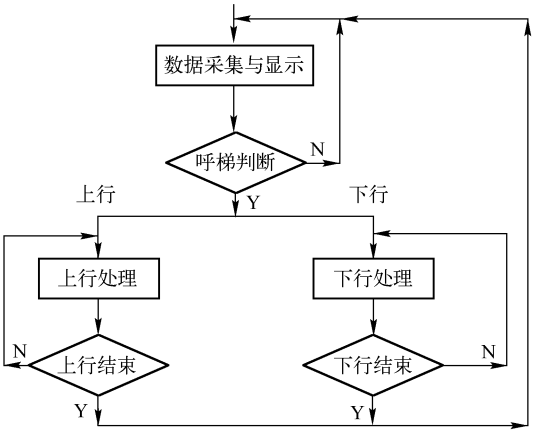


图 1-122　总体设计图

呼梯判断由顺序控制流程完成，主要依据的是内呼梯优先，可由先判断内呼来保证这一点。呼梯判断功能图如图 1-123 所示。

上、下行处理流程由顺序控制流程完成，在上、下行流程中，遵守的主要原则是“内呼优先，上行上呼优先，下行下呼优先”，上行流程与下行流程相对称，因此下面只列出上行处理功能图，如图 1-124 所示。

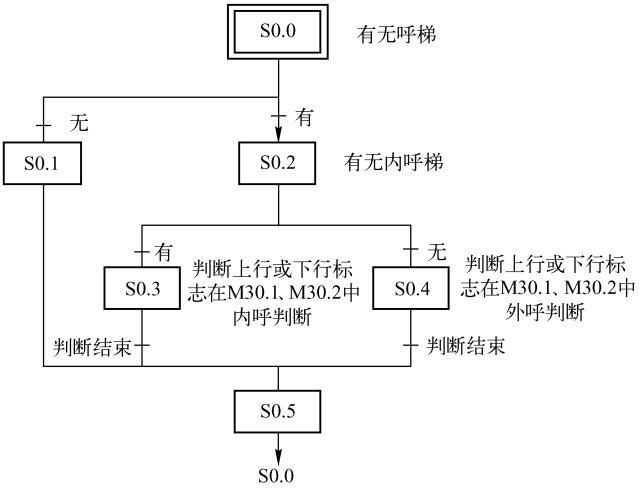


图 1－123　呼梯判断功能图

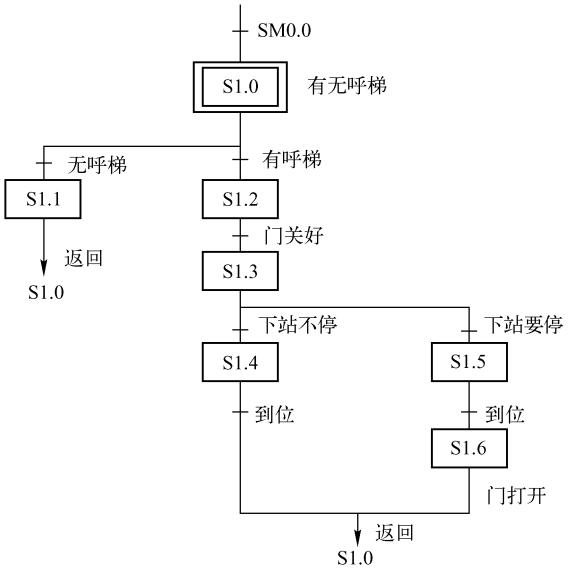


图 1－124　上行处理功能图

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求分配 I/O，如表 1－64 所示。

表 1－64　I/O 分配表

输入继电器	功　　能	输入继电器	功　　能
I0. 1	电梯内一层按钮 SB1	Q0. 1	电梯一层指示灯 E1
I0. 2	电梯内二层按钮 SB2	Q0. 2	电梯二层指示灯 E2
I0. 3	电梯内三层按钮 SB3	Q0. 3	电梯三层指示灯 E3

续表

输入继电器	功　　能	输入继电器	功　　能
I0. 4	一层上升呼叫按钮 SB4	Q0. 0	电梯开门 KM3
I0. 5	二层下降呼叫按钮 SB5	Q0. 4	电梯关门 KM4
I0. 6	二层上升呼叫按钮 SB6	Q0. 5	轿厢下降 KM1
I0. 7	三层下降呼叫按钮 SB7	Q0. 6	轿厢上升 KM2
I1. 0	电梯一层到位限位开关 SQ1		
I1. 1	电梯二层到位限位开关 SQ2		
I1. 2	电梯三层到位限位开关 SQ3		
I0. 0	电梯开门按钮 SB10		
I1. 5	电梯关门按钮 SB11		
I1. 3	电梯开门检测 SQ4		
I1. 4	电梯关门检测 SQ5		

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 1-125 所示。

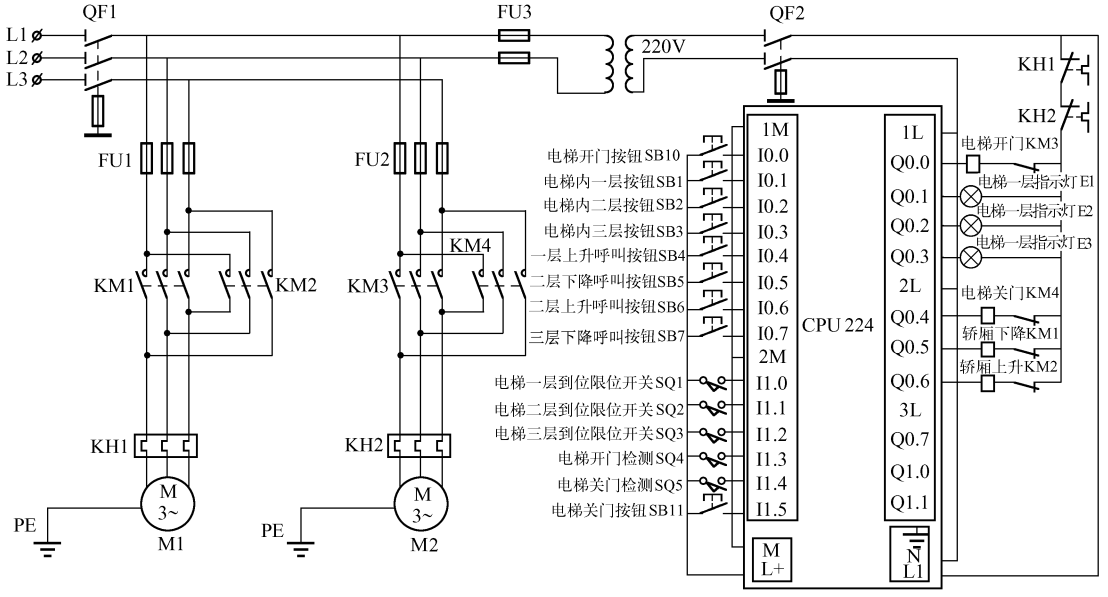


图 1-125　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）梯形图程序

根据顺序功能图编写的三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图如图 1-126 所示。

重点提示

在本实例中采用了子程序调用的方式，将逻辑控制与顺序控制进行了有机的结合。在如图 1-126 所示的主程序梯形图中，由于 PLC 的程序执行过程是一遍一遍地对程序进行扫描的，故每一次的扫描（包括上、下行处理）都从头开始。程序每一次扫描都调用子程序 1，进行数据的采集与显示；M30.1 和 M30.2 分别为定向上行标志和定向下行标志，它们在程序执行的第一个周期被清零，则程序进入子程序 2，在从 S0.0 开始的顺控流程中对采集的数据进行综合分析。若无呼梯信号程序就返回，若有呼梯信号则判断上行或下行，并将判断结果放在 M30.1 和 M30.2 中；下一次扫描时则根据上行或下行分别调用子程序 3 或子程序 4，并进入从 S1.0 或 S2.0 开始的顺控流程中进行上、下行处理。

4）程序的输入与调试

把如图 1-126 所示的程序传入 PLC 中，按照原理接线图接线。

合上相应楼层行程开关，分别将电梯置于第一层至第三层。分别按下内呼梯按钮、外呼梯按钮，观察电梯的升降运行是否符合控制要求。按下开门、关门按钮观察电梯的门控动作是否正常。

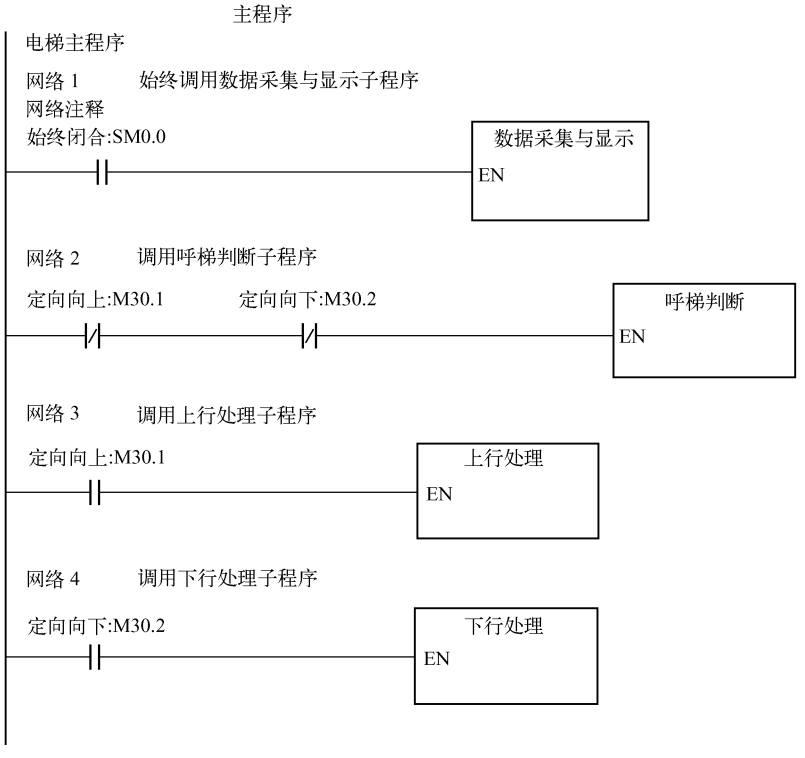


图 1-126 三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图

子程序1：数据采集与显示

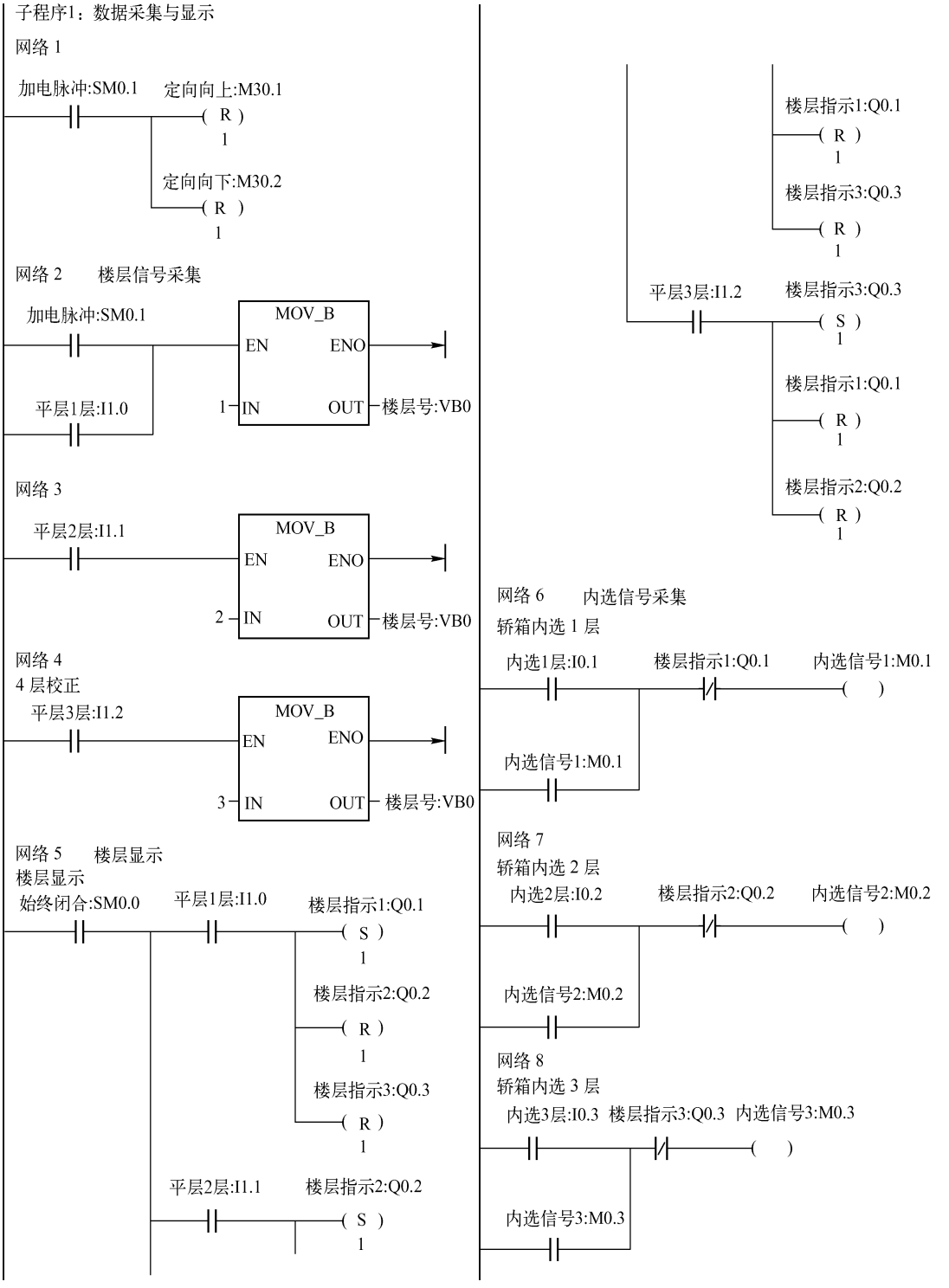


图 1-126　三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

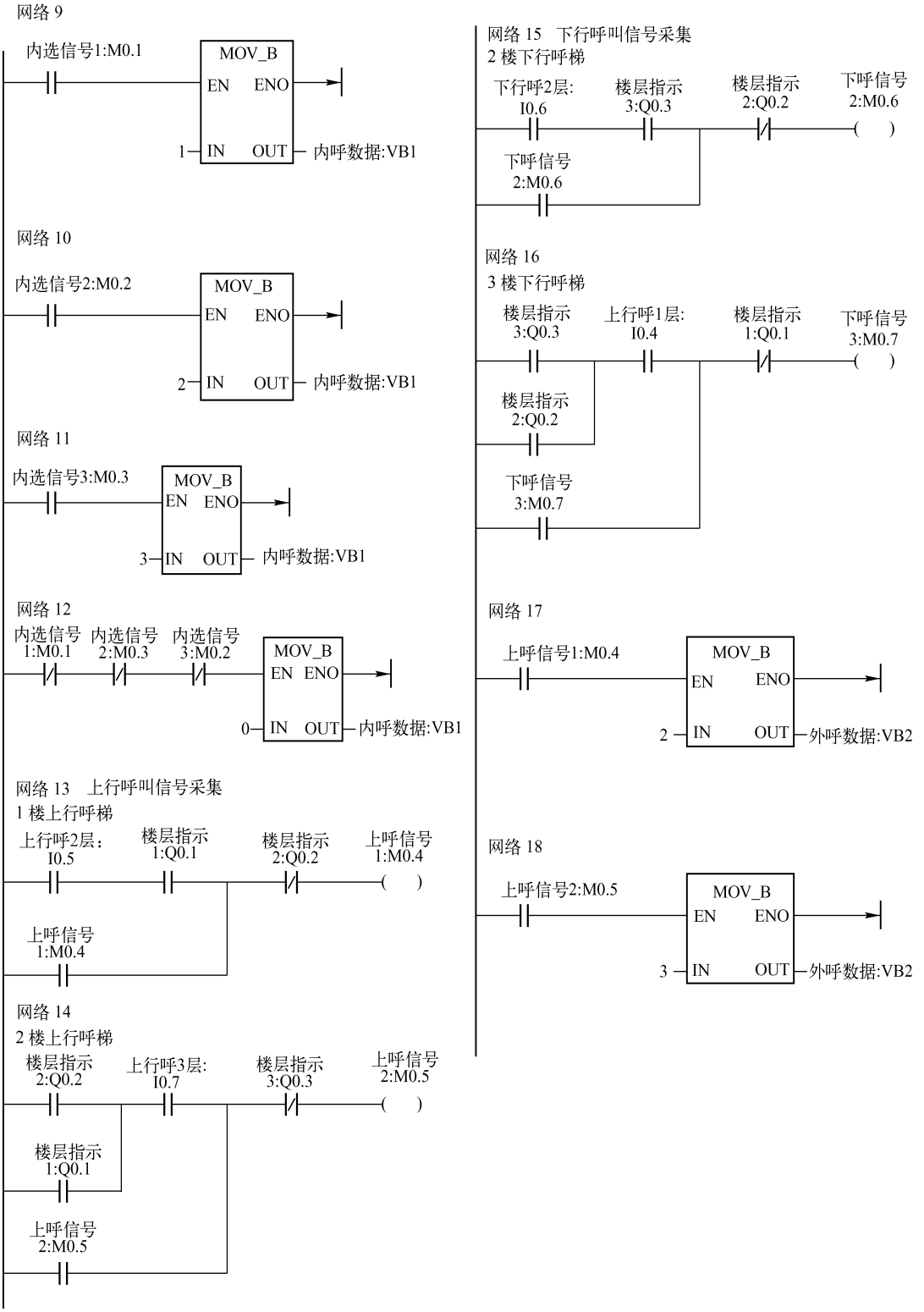


图 1－126 三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

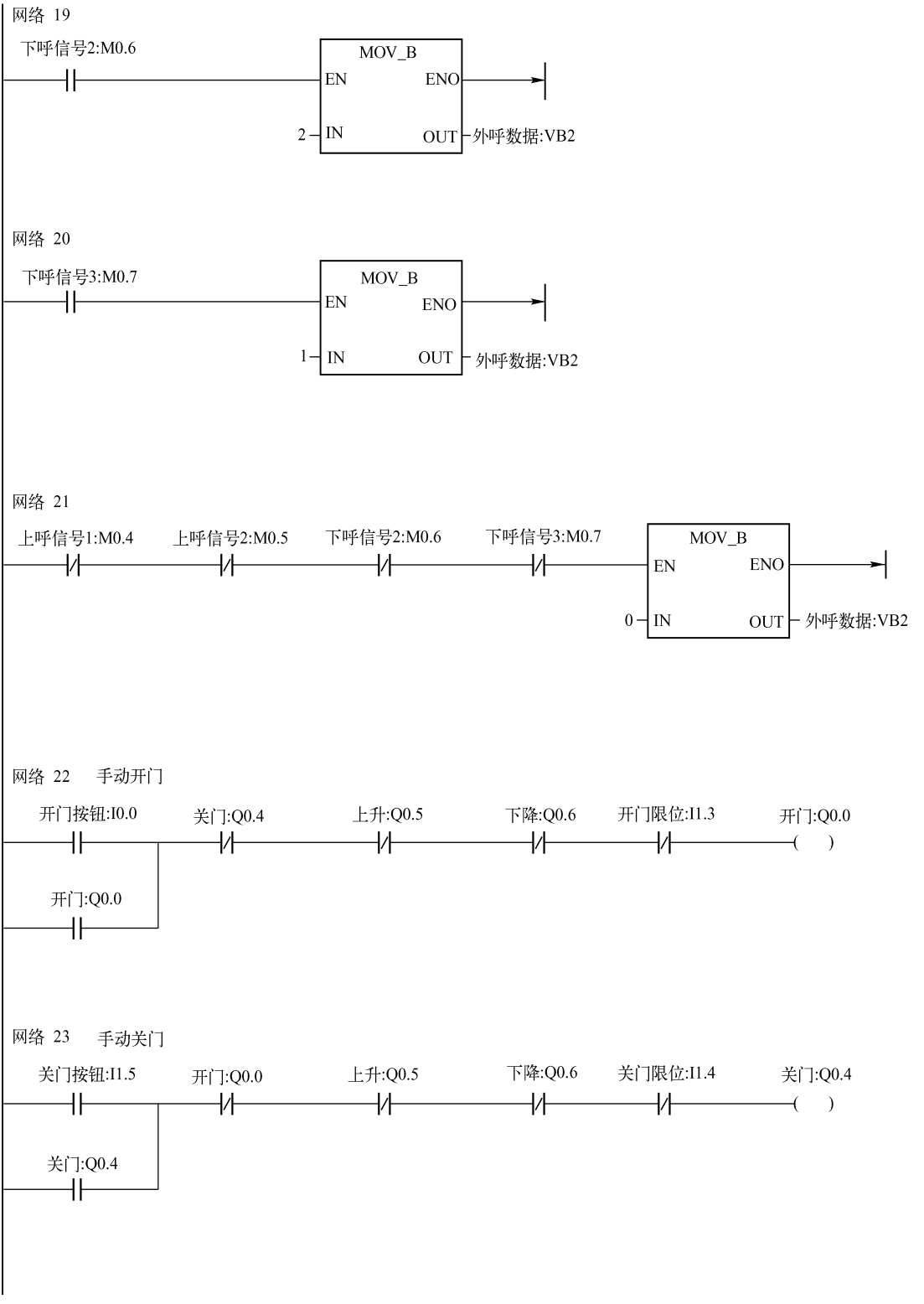


图 1-126　三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

子程序2：呼梯判断

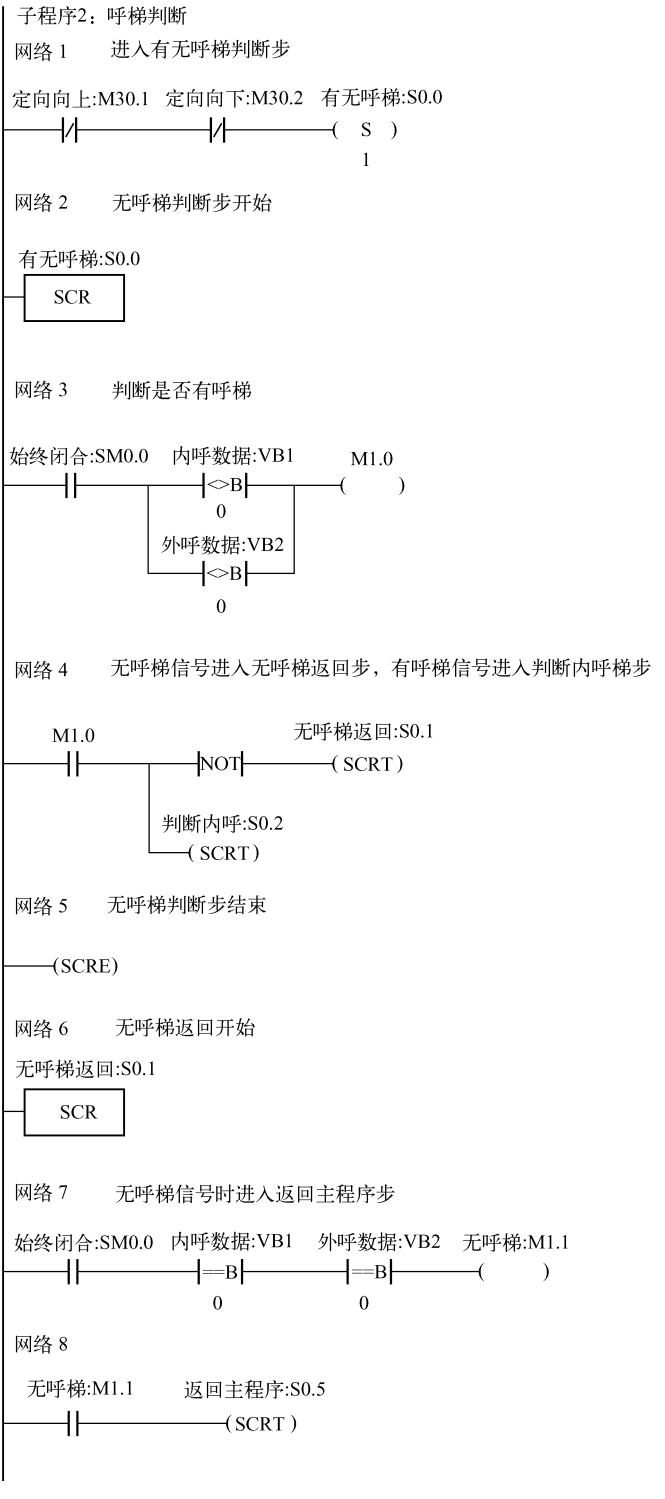


图 1－126 三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

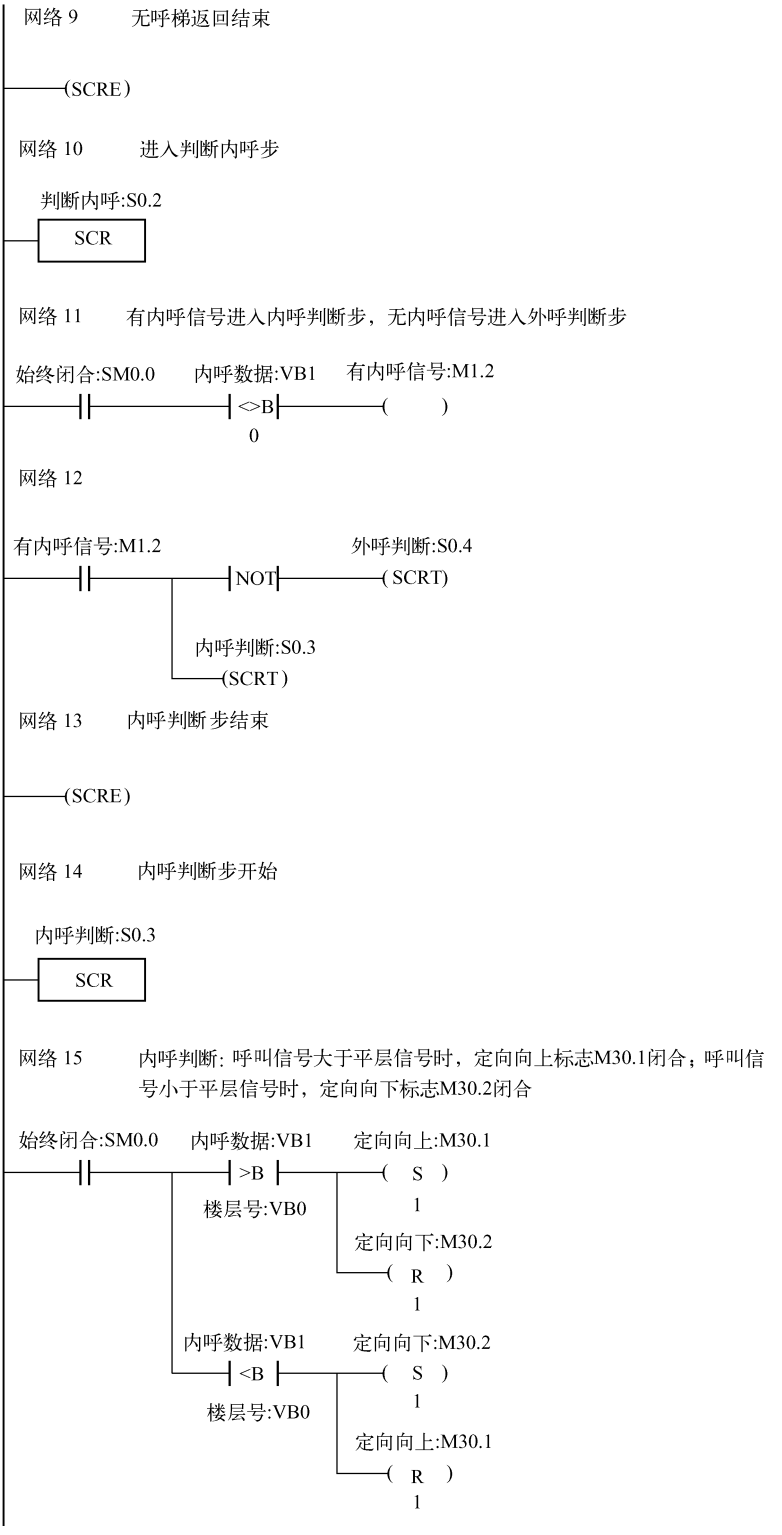


图 1-126　三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

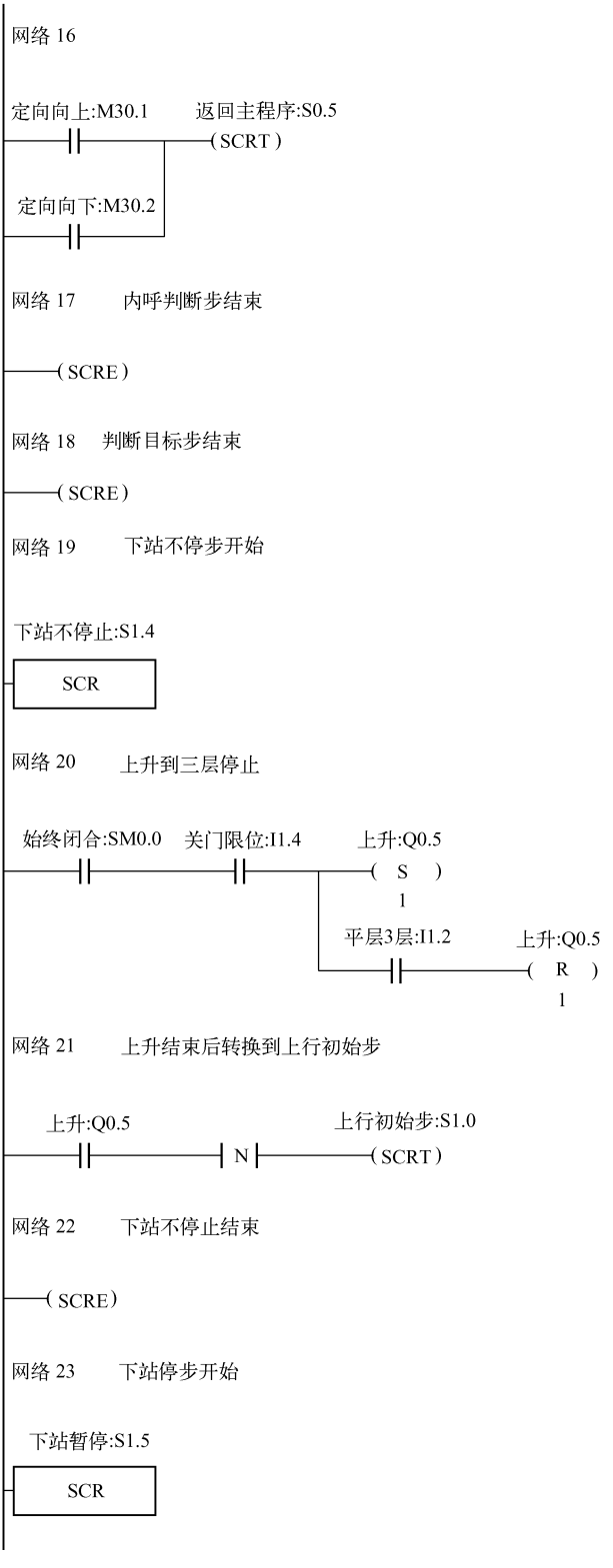


图 1－126 三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

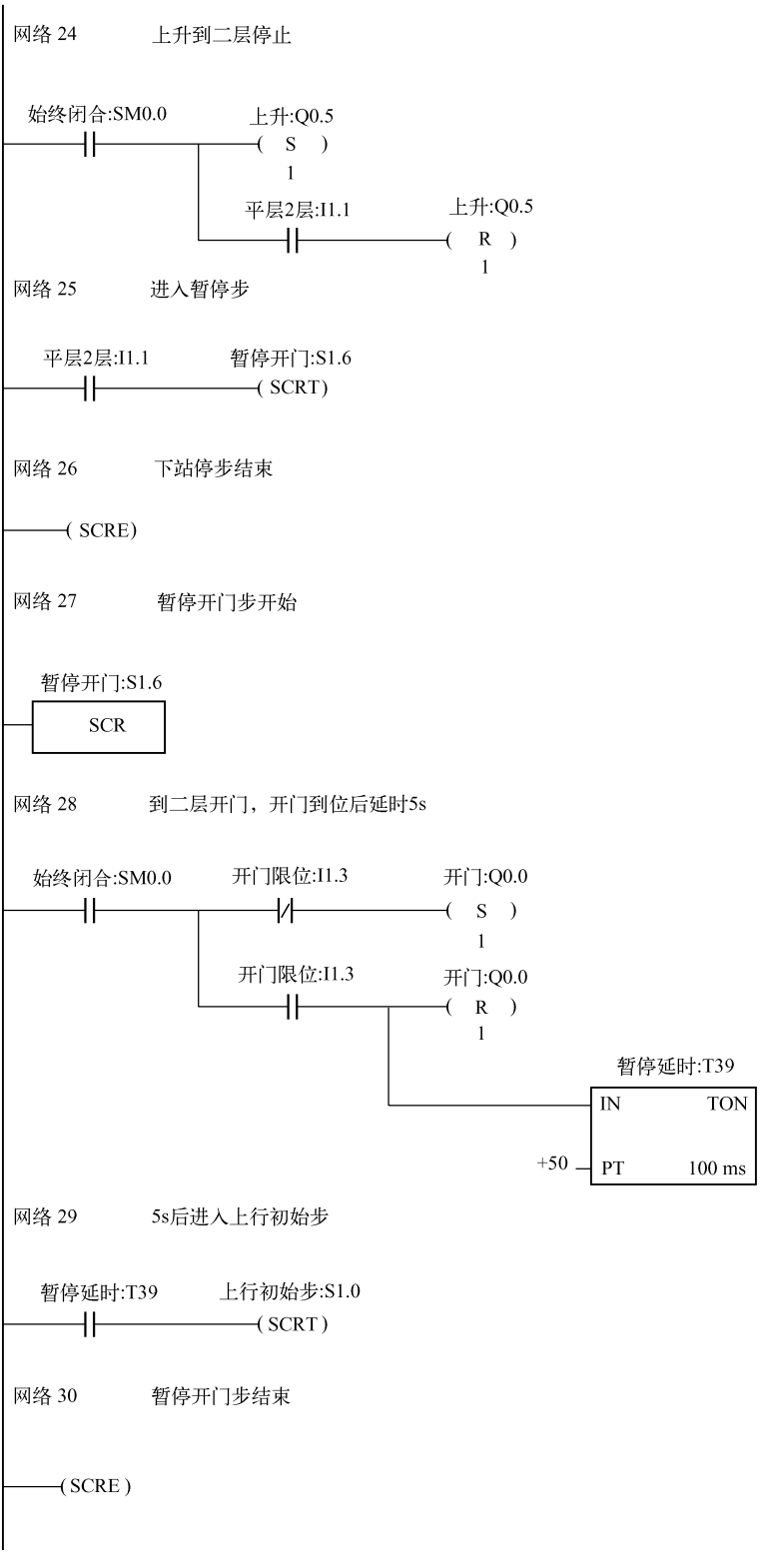


图 1-126　三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

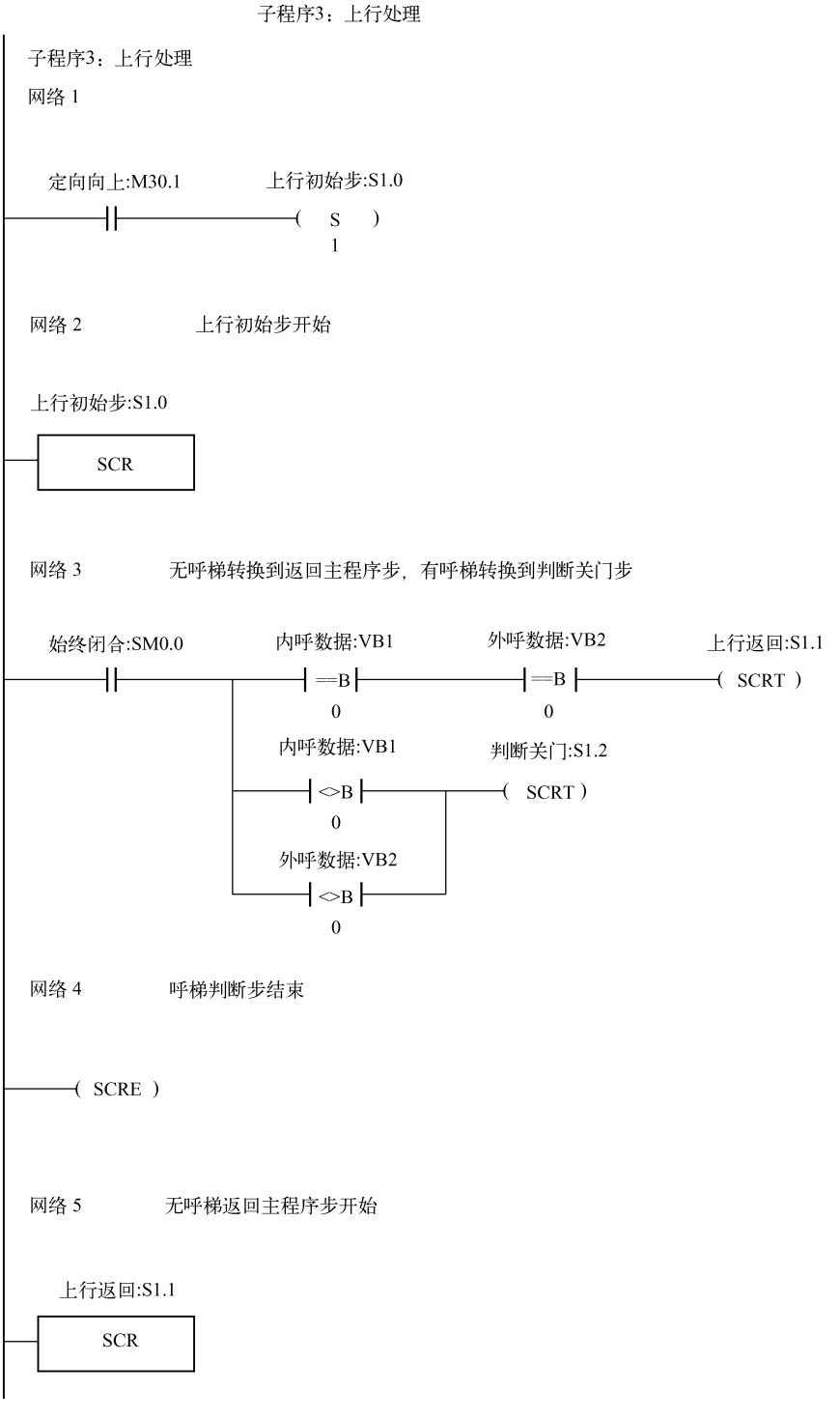


图 1－126　三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

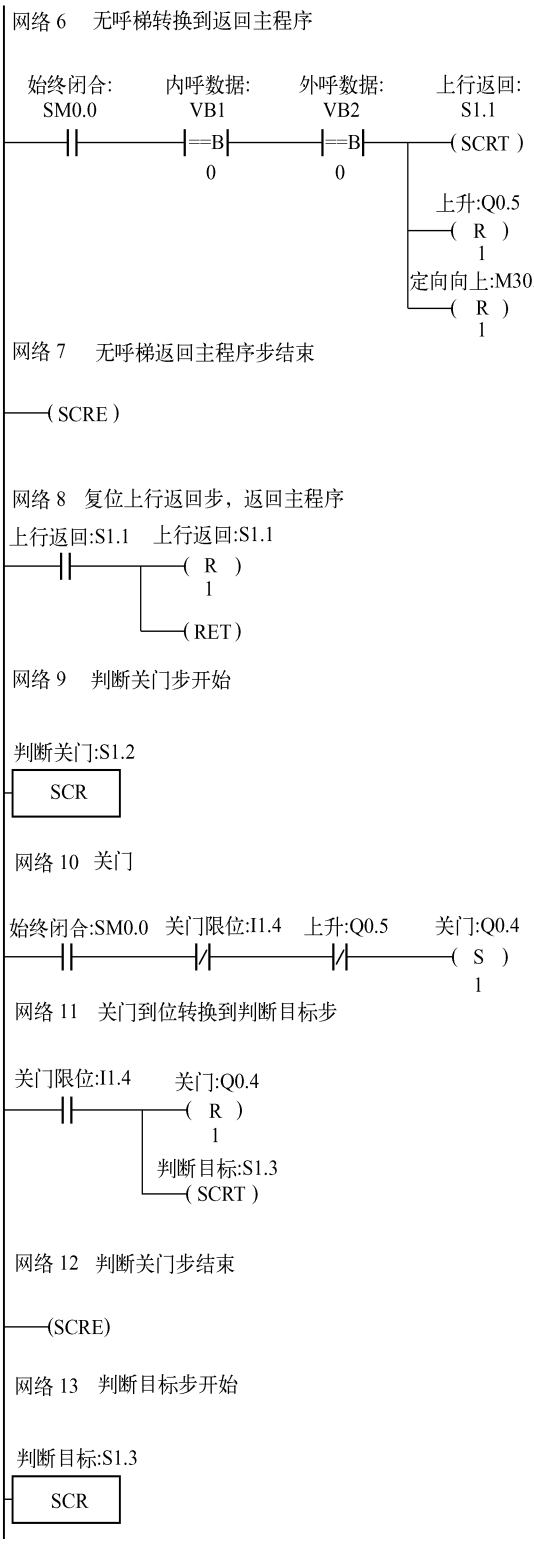
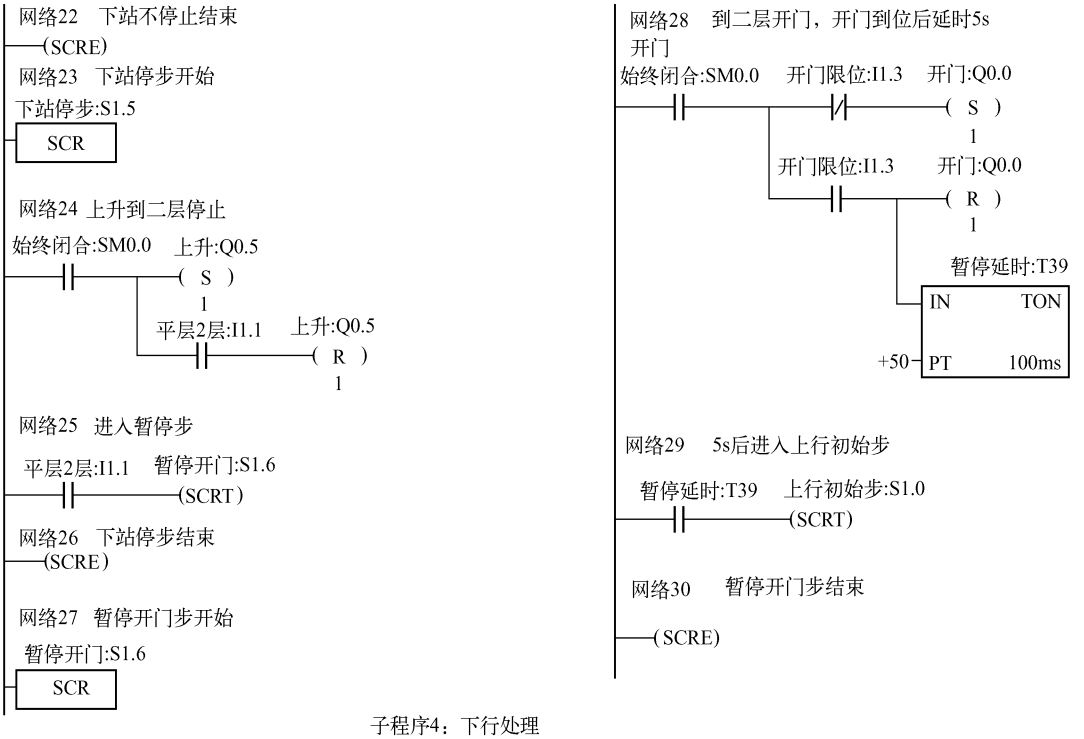


图 1-126 三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）



子程序4：下行处理

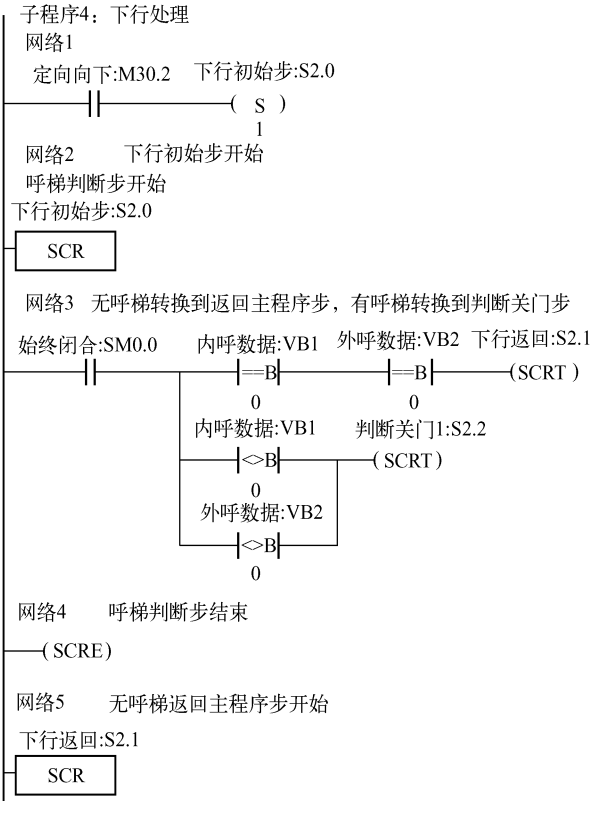


图 1－126 三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

网络 6　无呼梯转换到返回主程序

始终闭合:SM0.0　内呼数据:VB1　外呼数据:VB2　下行返回:S2.1

==B 0　==B 0　(SCRT)

下降:Q0.6　(R) 1

定向向下:M30.2　(R) 1

网络 7　无呼梯返回主程序步结束

(SCRE)

网络 8　复位下行返回步，返回主程序

下行返回:S2.1　上行返回:S2.1

(R) 1

(RET)

网络 9　判断关门步开始

判断关门1:S2.2

SCR

网络 10　关门

始终闭合:SM0.0　关门限位:I1.4　下降:Q0.6　关门:Q0.4

(S) 1

网络 11　关门到位转换到判断目标步

关门限位:I1.4　关门:Q0.4

(R) 1

判断目标1:S2.3

(SCRT)

网络 12　判断关门步结束

(SCRE)

网络 13　判断目标步开始

判断目标1:S2.3

SCR

网络 14　下站需要停

楼层指示3:Q0.3　内选信号2:M0.2　下站停止:M2.1

()

下呼信号2:M0.6

网络 15　下站不需要停

楼层指示2:Q0.2　内选信号1:M0.1　下站停止:M2.1

()　下站不停:M2.2

下呼信号3:M0.7

楼层指示3:Q0.3　内选信号1:M0.1

下呼信号3:M0.7

网络 16

下站停止:M2.1　下站停止1:S2.5

(SCRT)

网络 17

下站不停止:M2.2　下站不停止1:S2.4

(SCRT)

网络 18　判断目标步结束

(SCRE)

网络 19　下站不停止开始

下站不停止1:S2.4

SCR

网络 20　下降到一层停止

始终闭合:SM0.0　关门限位:I1.4　下降:Q0.6

(S) 1

平层1层:I1.0　下降:Q0.6

(R) 1

网络 21　下降结束后转换到下行初始步

下降:Q0.6　N　下行初始步:S2.0

(SCRT)

图 1-126　三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

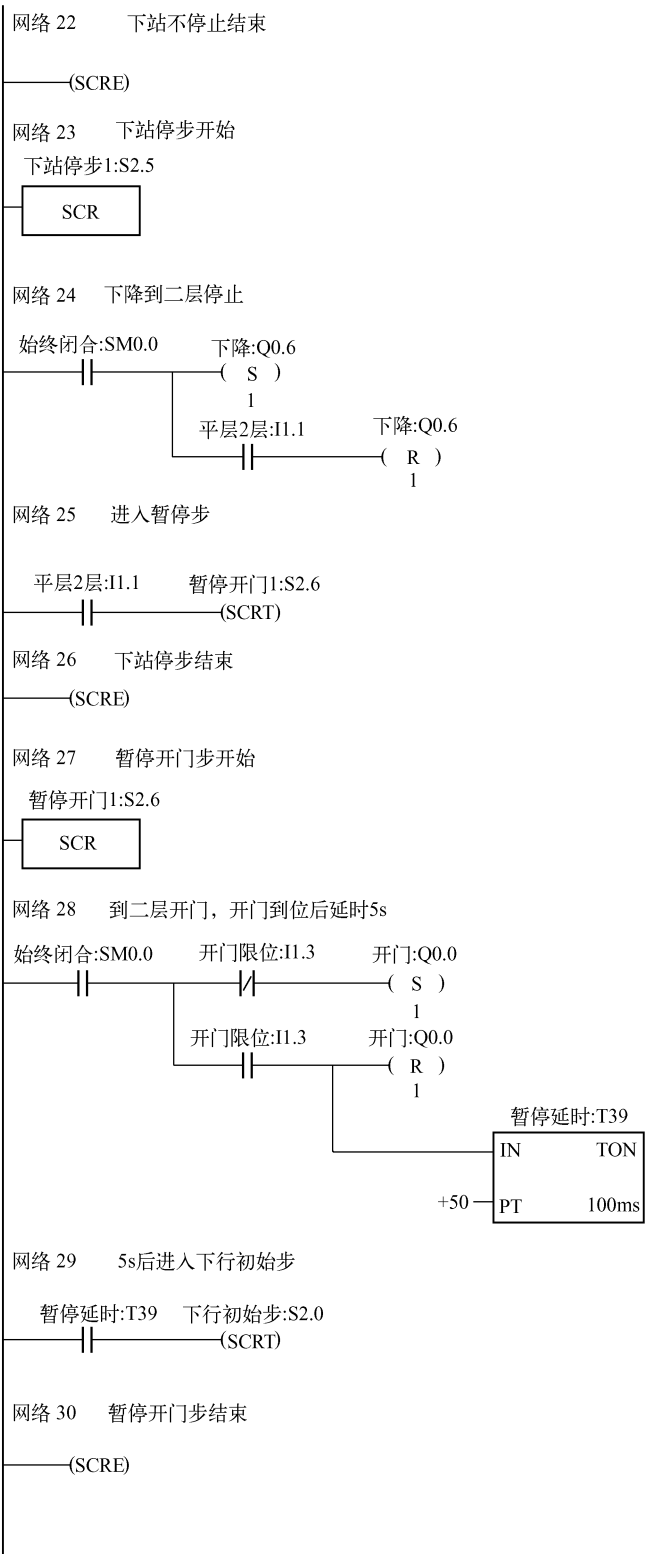


图 1－126 三层电梯的 PLC 控制电路的梯形图（续）

四、PLC 网络通信技术的应用

实例 37 两台 S7－200 PLC 的 PPI 通信

实例控制要求

两台 S7－200PLC 通过 PORT0 口来实现 PPI 通信，具体过程是由 A 机（2 号主站）的 IB0 控制 B 机（3 号从站）的 QB0；由 B 机的 IB0 控制 A 机的 QB0。

基本知识

1）PPI 协议

该协议是点对点接口的一个主/从协议。主站向从站发送申请，从站进行响应，但从站不发信息，不初始化信息，只是等待主站的要求并对要求做出响应。主站设备通过由 PPI 协议管理的共享连接与从站设备通信。PPI 通信协议不限制能够与任何一台从站设备通信的主站设备数量，但在硬件上要求整个网络中安装的主站设备必须少于 32 台。PPI 协议是 S7－200 最基本的通信方式，S7－200 通过自身的通信口（Port0、Port1）支持 PPI 通信协议，网络中的所有 S7－200 都默认为从站。

S7－200 CPU 之间的 PPI 网络通信只需要两条简单的指令，它们是网络读（NETR）指令和网络写（NETW）指令，具体介绍如表 1－65 所示。在网络读/写通信中，只有主站需要调用 NETR/NETW 指令，从站只需编程处理数据缓冲区（取用或预备数据）。可以采用两种方法实现 PPI 网络读写通信：①使用 NETR/NETW 指令实现编程；②使用 Micro/Win 中的指令向导中的 NETR/NETW 向导（见实例 38）。PPI 网络上的所有站点都应当有各自不同的网络地址，所有 PLC 的通信速率必须相同，否则通信不成功。

表 1－65 网络通信指令

指令名称	梯形图	指令	功能	数据类型及操作数
网络读指令	NETR EN ENO TBL PORT	NETR TBL, PORT	当使能输入 EN 有效时，通过 PORT 指定的通信口（主站上的 0 或 1），根据 TBL 指定的表中的定义读取远程装置的数据	数据类型：字节型 TBL：VB，MB、＊VD，＊AC，＊LD PORT：0 或 1 的常数
网络写指令	NETW EN ENO TBL PORT	NETW TBL, PORT	当使能输入 EN 有效时，通过 PORT 指定的通信口（主站上的 0 或 1），根据 TBL 指定的表中的定义将数据写到远程设备中	数据类型：字节型 TBL：VB，MB，＊VD，＊AC，＊LD PORT：0 或 1 的常数

2）网络读/写指令

网络读/写指令可以向远程站发送或接收 16 字节的信息，在 CPU 内可同时激活 8 条指令。网络读/写指令是通过 TBL 参数来指定的。表 1－65 中 TBL 处的字节是数据表的起始地

址，可以由用户自己定，但起始字节定好后，后面的字节就要连接使用，以形成列表。每字节都有具体的任务。如表 1-66 所示是数据表（TBL）格式。

表 1-66 数据表格式

字 节	bit7				bit0
0	D	A	E	0	错误代码
1	远程站地址				
2	远程站的数据指针（I、Q、M、V）				
3					
4					
5					
6	信息字节总数				
7	信息字节 0				
8	信息字节 1				
…	…				
22	信息字节 15				

在该表中，D 表示操作完成状态，0 = 未完成；1 = 已完成。A 表示操作有效否，0 = 无效；1 = 有效。E 表示错误信息，0 = 无错；1 = 有错。

错误代码如表 1-67 所示。

表 1-67 错 误 代 码

错 误 代 码	表 示 意 义
0	没有错误
1	远程站响应超时
2	接收错误：奇偶校验错，响应时帧或校验错
3	离线错误：相同的站地址或无效的硬件引发冲突
4	队列溢出错误：同时激活超过 8 条网络读/写指令
5	通信协议错误：没有使用 PPI 协议而调用网络读/写指令
6	非法参数
7	远程站正在忙
8	第七层错误：违反应用协议
9	错误信息：数据地址或长度错误
10	保留

SMB30 和 SMB130 分别是 S7－200 PLC PORT－0 及 PORT－1 通信口的控制字节，其各位的意义如表 1-68 所示。

3）网络通信硬件

S7－200 支持的 PPI、PROFIBUS－DP 和自由端口通信模式都是建立在 RS－485 的硬件基础上的，为了保证足够的传输距离和通信速率，建议使用西门子制造的网络电缆和网络连接器。如图 1-127 所示为网络电缆和网络连接器。

表 1-68　SMB30 和 SMB130 各位控制字节的意义

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
p	p	d	b	b	b	m	m

pp：校验选择	d：每个字符的数据位	mm：协议选择
00 = 不校验	0 = 8 位	00 = PPI/从站模式
01 = 偶校验	1 = 7 位	01 = 自由口模式
10 = 不校验		10 = PPI/主站模式
11 = 奇校验		11 = 保留（未用）
bbb：自由端口波特率		（单位：波特）
000 = 38400	011 = 4800	110 = 115. 2k
001 = 19200	100 = 2400	111 = 57. 6k
010 = 9600	101 = 1200	注：查看 CPU 版本

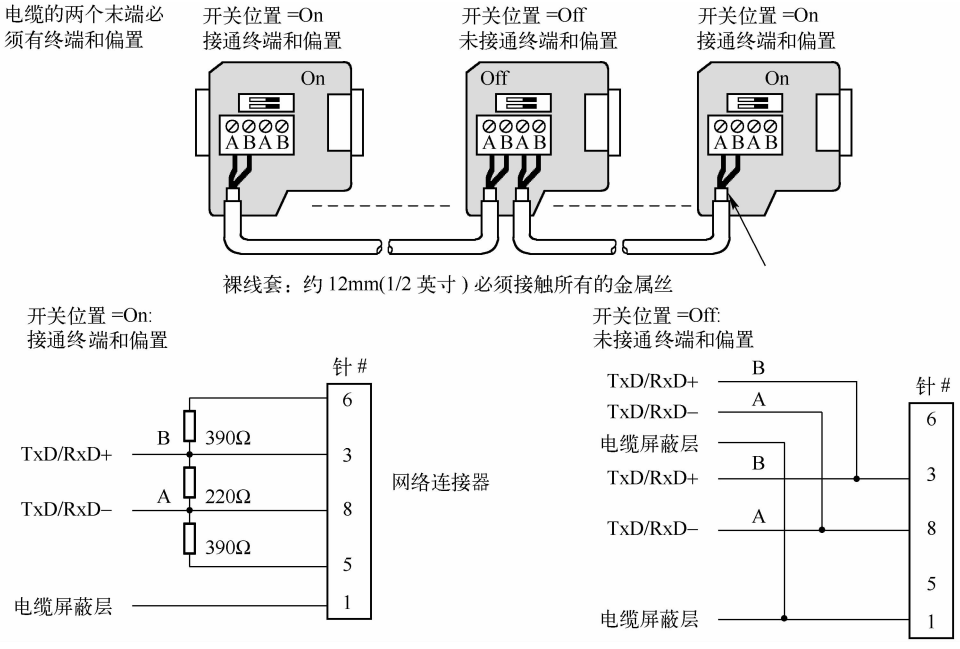


图 1-127　网络电缆和网络连接器

实例解决方案

1）网络配置和 I/O 的分配

PPI 协议是 S7 - 200 PLC 的比较简单的一种通信方式，如图 1-128 所示是两台 S7 - 200 PLC 实现 PPI 通信的网络配置图，其 I/O 分配表如表 1-69 所示。

表 1-69　I/O 分配表

2 号主站（S7 - 200）	3 号从站（S7 - 200）
2 号站 IB0 控制 3 号站 QB0	3 号站 IB0 控制 2 号站 QB0

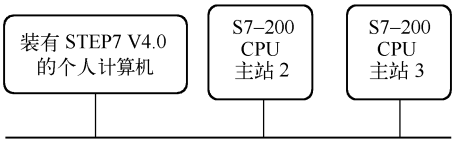


图 1－128　网络配置图

2）通信端口的设置

在输入程序之前需先进行通信端口设置，步骤如下。

① 打开 STEP7 Micro/Win 编程软件，如图 1－129 所示，选中“系统块”，打开“通信端口”。



图 1－129　编程软件界面

② 首先设置 PLC 端口 0 的地址 3，选择波特率为 9.6 千波特，如图 1－130 所示。然后把系统参数都下载到 CPU 中，如图 1－131 所示。用同样的方法设置另一个 CPU，将端口 0 的地址设为 2，选择波特率为 9.6 千波特，同样把参数下载到 CPU 中。



图 1－130　设置“通信端口”



图 1-131　下载参数

③ 利用网络插头及网络线把 A 机和 B 机端口 0 连接起来，并利用软件进行搜索，结果如图 1-132 所示。



图 1-132　PPI 网络中的 S7 - 200 站

3）梯形图程序

如图 1-133 所示是 A 机主站梯形图程序，应在主站中输入此梯形图程序。

如图 1-134 所示是 B 机从站梯形图程序，应在从站中输入此梯形图程序。

4）接线与调试

首先用一根 485 通信线连接主站和从站的 PORT 0 端口，如图 1-135 所示。然后分别接通主站或从站的输入端 IB0，观察主站或从站的输出端 QB0 的状态，直到调试成功为止。

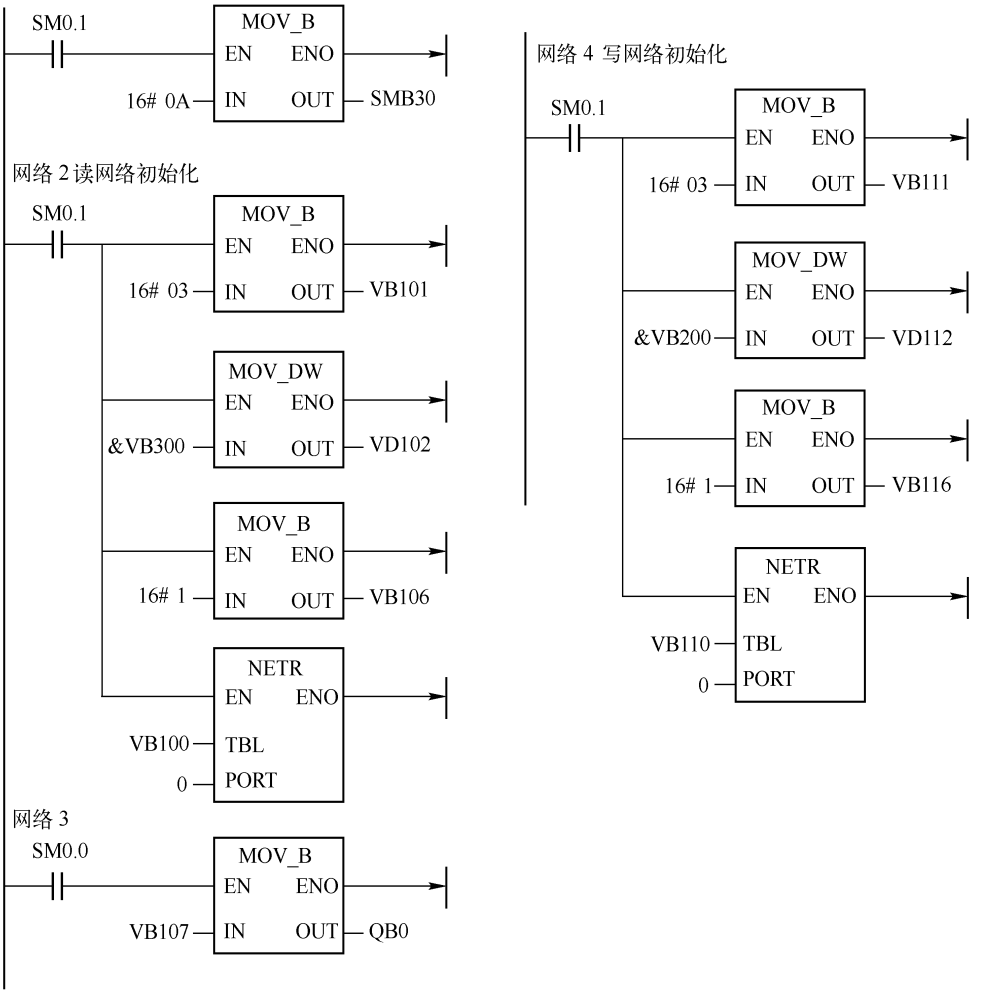


图 1－133　A 机主站梯形图程序

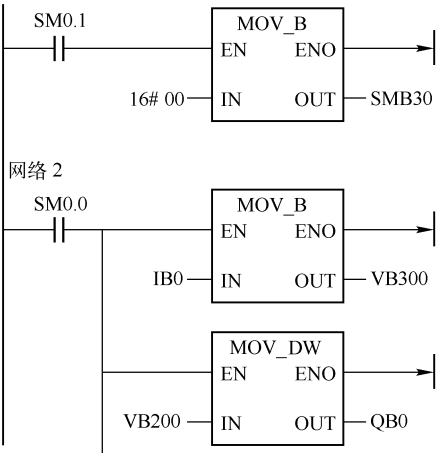


图 1－134　B 机从站梯形图程序

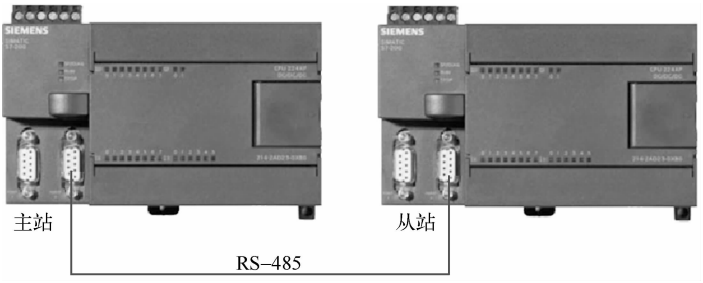


图 1-135　S7 -200 PLC 的 PPI 通信连接图

实例 38　S7 -200 PLC 指令向导编程的 PPI 通信

实例控制要求

本实例要求将主站的 I1.0 ~ I1.7 的状态映射到从站的 Q0.0 ~ Q0.7 上，并将从站的 I1.0 ~ I1.7 的状态映射到主站的 Q0.0 ~ Q0.7 上。

实例解决方案

1）NETR/NETW 指令向导的设置

① 启动 STEP7 Micro/Win 编程软件，在指令树中单击“向导”找到“NETR/NETW”指令向导并双击打开，如图 1-136 所示，选择配置网络读/写操作为“2”。

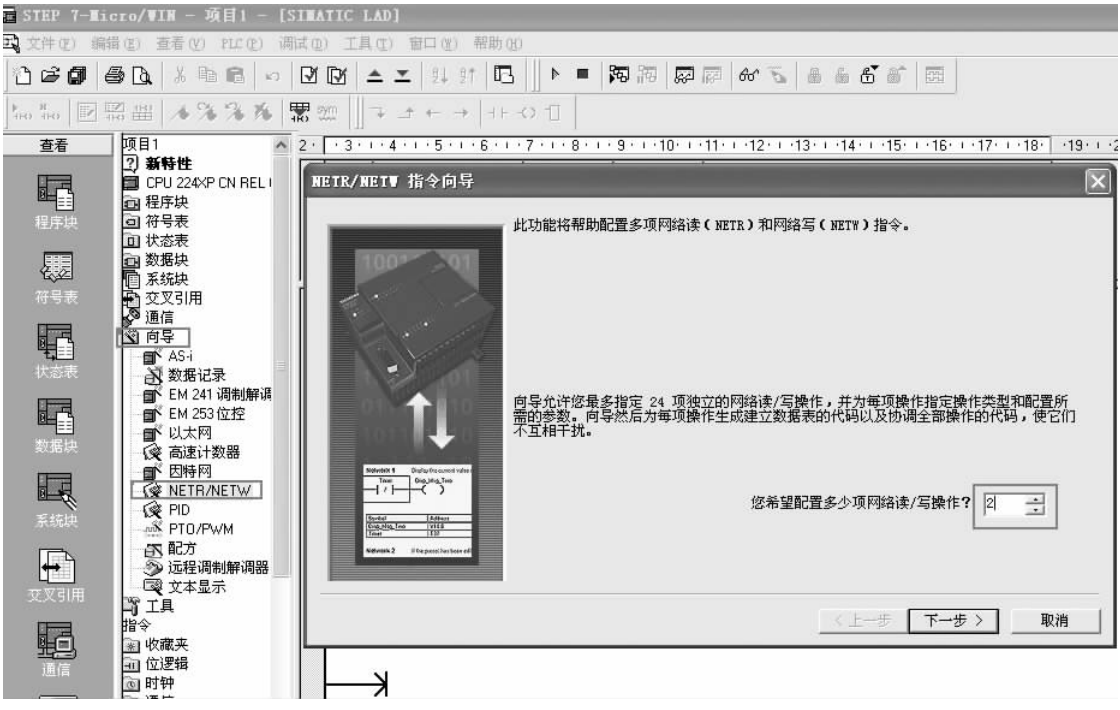


图 1-136　NETR/NETW 指令向导设置步骤 1

② 单击图 1-136 中的“下一步”按钮，进入如图 1-137 所示的界面，选择 PLC 的通信端口 0，子程序名称默认为“NET_ EXE”。

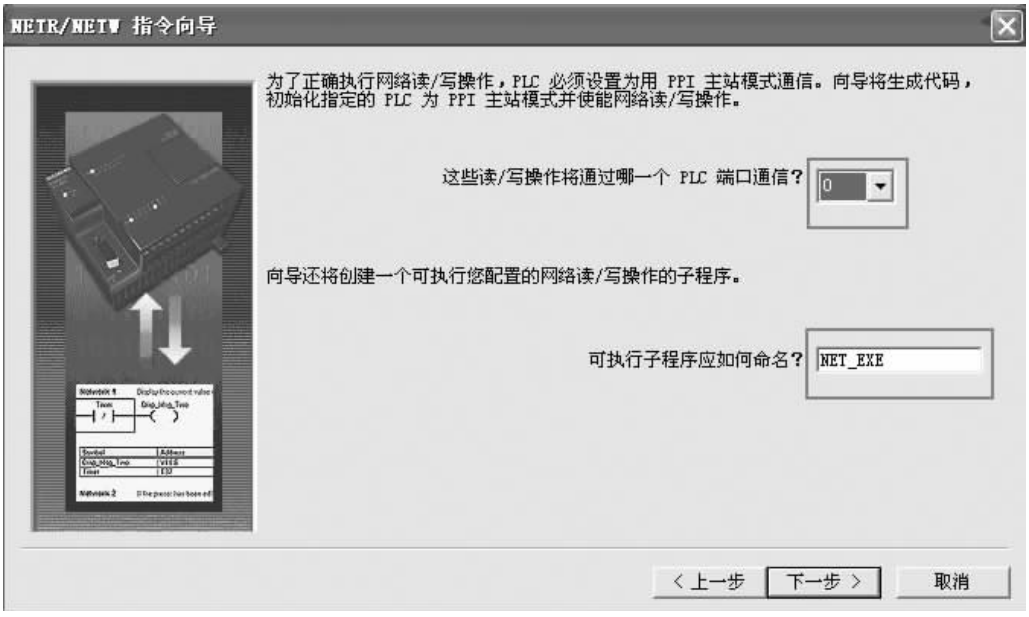


图 1-137 NETR/NETW 指令向导设置步骤 2

③ 单击图 1-137 中的“下一步”按钮，出现“网络读/写操作第 1 项/共 2 项”界面，如图 1-138 所示。将第 1 项操作设为“NETR”网络读操作；将读取字节数设为“1”；将远程 PLC 地址设为“6”；将数据传输设为本地存储“VB307 至 VB307”，将远程读取地址设为“VB200 至 VB200”。

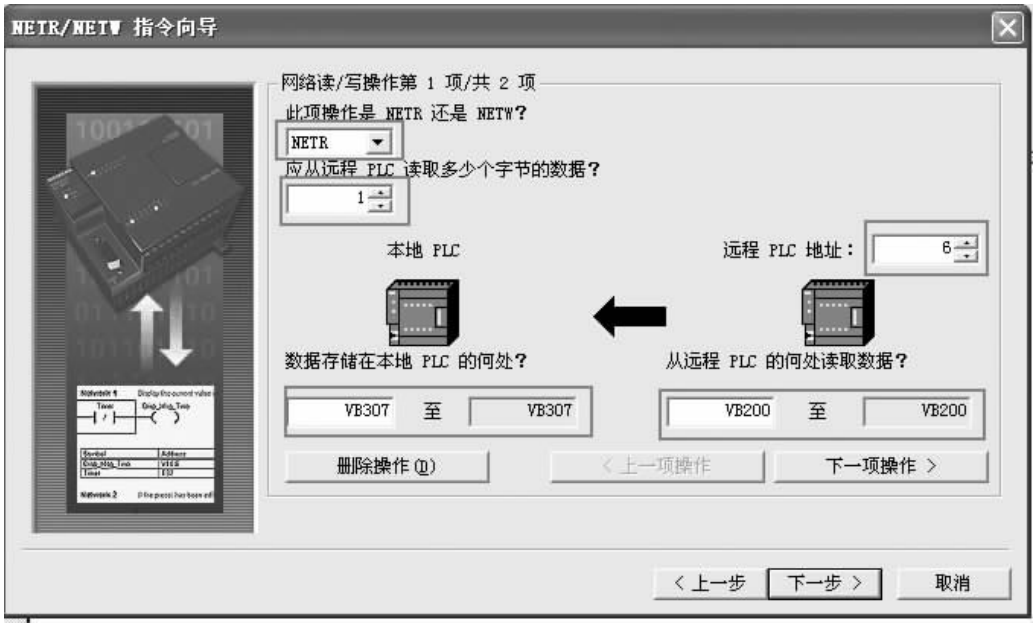


图 1-138 NETR/NETW 指令向导设置步骤 3

④ 单击图 1-138 中的“下一项操作”按钮，进入“网络读/写操作第 2 项/共 2 项”界面，如图 1-139 所示，设置网络为“NETW”写操作；将读取字节数设为“1”；将远程地址设为“6”；将数据本地传输地址设为“VB207 至 VB207”，将远程读取地址设为“VB300 至 VB300”。

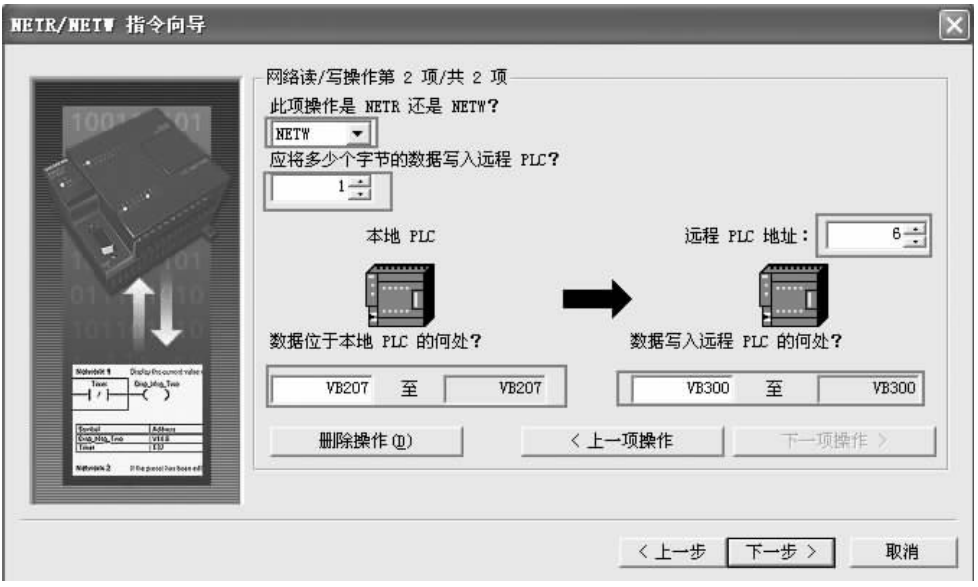


图 1-139　NETR/NETW 指令向导设置步骤 4

⑤ 单击图 1-139 中的“下一步”按钮，出现“为配置分配存储区”界面，如图 1-140 所示，采用建议地址为“VB19 至 VB37”即可，单击“下一步”按钮进入下一界面，弹出“完成向导配置吗?”的对话框，如图 1-141 所示。再单击“是”按钮即可。



图 1-140　NETR/NETW 指令向导设置步骤 5



图 1－141　NETR/NETW 指令向导设置步骤 6

2）编写梯形图程序

① 编写主站梯形图程序（如图 1－142 所示）。等主站程序编写完毕后，可把程序下载到主站 PLC 中去。

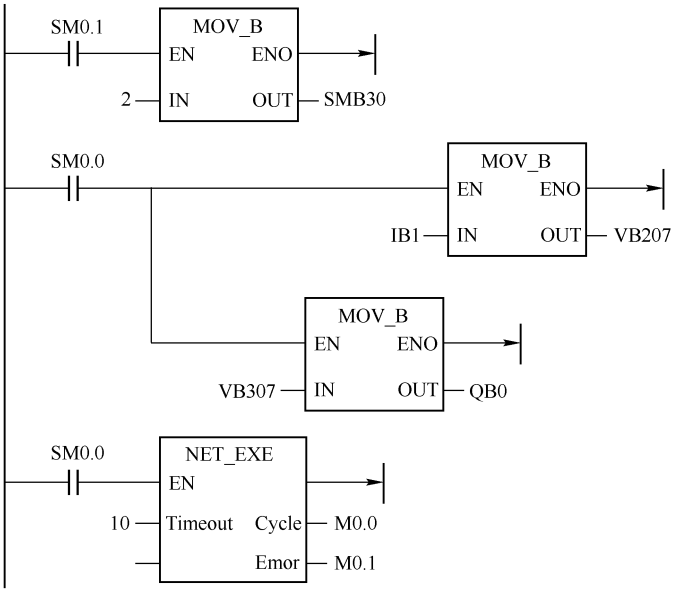


图 1－142　主站梯形图程序

② 编写从站梯形图程序（如图 1－143 所示）。等从站程序编写完毕后，可把程序下载到从站 PLC 中去。

编写时，首先打开编程软件，并双击“系统块”，将 PLC 端口 0 设置为“6”，如图 1－144 所示。然后单击“确认”按钮，进入软件编辑区编辑程序即可。

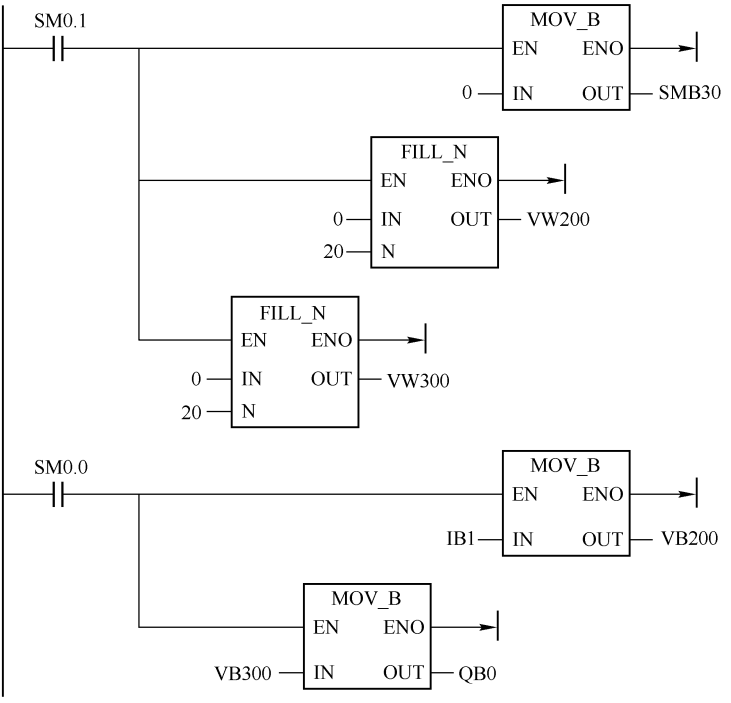


图 1-143 从站梯形图程序



图 1-144 系统块参数的设置

3）程序的接线与调试

首先用一根 485 通信线连接主站和从站的 PORT 0 端口，如图 1-135 所示。然后分别接通主站或从站的输入端 IB1，观察主站或从站的输出端 QB0 的状态，直到调试成功为止。

实例 39　两台 S7 -200 PLC 的 Modbus 通信

实例控制要求

两台 S7 -200 PLC 通过 Modbus 进行通信时，一台为主站，一台为从站，当主站 I0.2 为 0N 时，可通过 Modbus 方式读取从站 S7 -200 PLC 的 I0.0 ~ I0.7 的数值。主从站是通过 S7 -200 的串口编程电缆进行连接的。

基本知识

Modbus 通信协议是 Modicon 公司提出的一种报文传输协议，广泛用于工业控制领域，已经成为一种通用的行业标准。Modbus 通信协议有 ASCII 和 RTU 两种报文传输模式。在使用 Modbus 的网络中，所有的站必须采用相同的传输模式和串口参数。目前西门子公司专门针对西门子 PLC Modbus RTU 通信开发了指令库，极大简化了 Modbus RTU 通信的开发，以便快速实现相关应用。

Modbus 通信指令库包括主站协议指令和从站协议指令。使用 Modbus 协议的要求如下。

① 初始化 Modbus 从属协议为 Modbus，从属协议通信指定端口 0。

当端口 0 被用于 Modbus 从属协议通信时，就无法用于任何其他用途了，包括与 STEP 7 -Micro/Win 通信。MBUS_ INIT 指令控制将端口 0 指定给 Modbus 从属协议 PPI。

② Modbus 从属协议指令影响与端口 0 中自由端口通信相关的所有 SM 位置。

③ Modbus 从属协议指令使用 3 个子例行程序和 2 个中断例行程序。

④ Modbus 从属协议指令要求有两个 Modbus 从属指令，支持例行程序有 1 857 字节的程序空间。

⑤ Modbus 从属协议指令的变量要求有 779 字节的 V 内存程序块。该程序块的起始地址由用户指定，专门保留用于 Modbus 变量。

1）Modbus 主站协议指令

西门子 Modbus 主站协议指令库包括两条主站协议指令：MBUS_CTRL 和 MBUS_MSG 指令。

① MBUS_CTRL 指令。MBUS_CTRL 指令用于主站通信初始化指令，如图 1-145 所示。此指令主要对 S7 -200 端口 PORT 0 进行使用。在每次扫描且 EN 使能有效时才调用此指令，当正确执行完毕后会立即设定“Done”位，只有这样才能继续执行下一条指令。一般使用 SM0.0 调用 MBUS_CTRL 完成主站的初始化，并启动其功能控制。该指令的具体参数含义如下。

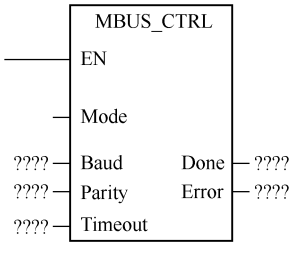


图 1-145　MBUS_ CTRL 指令

EN：使能位。必须保证每一扫描周期都被使能（使用 SM0.0）。

Mode：模式参数。通常是输入数值来选择通信协议的。数

值为 1 时，使能 Modbus 协议功能；为 0 时恢复为系统 PPI 协议，并禁止用 Modbus 协议。

Baud：波特率参数。支持的通信波特率为 1 200，2 400，4 800，9 600，19 200，38 400，57 600，115 200，单位均为 bps。

Parity：奇偶校验参数。“奇偶校验”参数设置必须与从站的奇偶校验相匹配，校验方式选择为 0 = 无校验；1 = 奇校验；2 = 偶校验。

Timeout：超时参数。它指主站等待从站响应的时间，以 ms 为单位，典型的设置值为 1000ms（1 s），允许设置的范围为 1 ~ 32 767。注意，这个值必须设置足够大以保证从站有时间响应。

Done：完成标志位。MBUS_CTRL 指令初始化完成后，此位会自动置 1，否则为 0。可以用该位启动 MBUS_MSG 读写操作。

Error：错误代码。初始化错误代码（只有在 Done 位为 1 时有效）为 0 = 无错误；1 = 校验选择非法；2 = 波特率选择非法；3 = 模式选择非法。

MBUS_CTRL 指令参数支持的操作数和数据类型如表 1-70 所示。

表 1-70　MBUS_CTRL 指令参数支持的操作数和数据类型

输入/输出	操　作　数	数 据 类 型
Mode	I,Q,M,S,SM,T,C,V,L	布尔
Baud	VD,ID,QD,MD,SD,SMD,LD,AC,Constant, *VD, *AC, *LD	双字
Parity	VB,IB,QB,MB,SB,SMB,LB,AC,Constant, *VD, *AC, *LD	字节
Timeout	VW,IW,QW,MW,SW,SMW,LW,AC,Constant, *VD, *AC, *LD	字
Done	L,Q,M,S,SM,T,C,V,L	布尔
Error	VB,IB,QB,MB,SB,SMB,LB,AC*,VD*,AC*,LD	字节

② MBUS_MSG 指令。MBUS_MSG 指令用于启动 Modbus 从站的请求并处理应答，如图 1-146 所示。当 EN 输入参数和“First”输入参数都为 1 时，MBUS_MSG 指令启动对 Modbus 从站的请求。由于发送请求、等待应答、并处理应答通常需要多次扫描，所以 EN 输入必须打开以启用请求的发送，并应该保持打开直到“done”位被置位为止。该指令的具体参数含义如下。

EN：使能位。同一时刻只能有一个读写功能（即 MBUS_MSG）使能。注意，建议每一个读写功能（即 MBUS_MSG）都用上一个 MBUS_MSG 指令的 Done 完成位来激活，以保证所有读写指令循环进行。

First：“首次”参数。读写请求位时，应在每一个新的读写请求时才打开一次扫描。参数输入必须使用脉冲触发。

Slave：从站地址参数。从站地址参数是 Modbus 从站的地址，可选择的范围是 1 ~ 247 。

RW：读/写参数。读/写参数指定是否要读取或写入该消息。参数允许使用两个值，其中 0 = 读；1 = 写。

Addr：地址参数。地址参数是起始的 Modbus 的地址，允许读写的数据地址及类型如下所示。

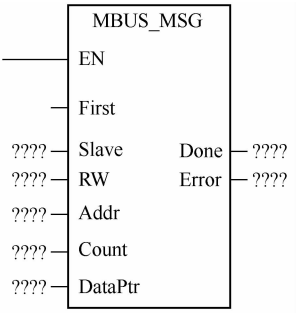


图 1-146　MBUS_MSG 指令

① 00001 ~ 09999 是开关量输出（线圈）。

② 10001 ~ 19999 是开关量输入（触点）。

③ 30001 ~ 39999 是模拟量输入（输入寄存器）。

④ 40001 ~ 49999 是保持寄存器。

注意：

① 开关量输出和保持寄存器支持读和写功能；

② 开关量输入和模拟量输入只支持读功能；

③ 000001 ~ 000128 是映射至 Q0.0 ~ Q15.7 的开关量输出；

④ 010001 ~ 010128 是映射至 I0.0 ~ I15.7 的开关量输入；

⑤ 030001 ~ 030032 是映射至 AIW0 ~ AIW62 的模拟输入寄存器；

⑥ 040001 ~ 04xxxx 是映射至 V 存储器的保持寄存器。

Count：计数参数。在该请求读取或写入的数据个数中，计数的数值是位数或字数。注意 Modbus 主站可读/写的最大数据量为 120 个字（指每一个 MBUS_MSG 指令）。

DataPtr ：数据指针参数。只针对 S7 - 200 的 V 存储器中与读取或写入请求相关的数据的间接地址指针。如果是读指令，读回的数据会放到这个数据区中；如果是写指令，要写出的数据会放到这个数据区中。

Done：完成参数位。它是读/写功能完成位。

Error：错误代码。只有在 Done 位为 1 时，错误代码才有效。错误代码的含义具体如下所示：

① 0 = 无错误；

② 1 = 响应校验错误；

③ 2 = 未用；

④ 3 = 接收超时（从站无响应）；

⑤ 4 = 请求参数错误（slave address，Modbus address，count，RW）；

⑥ 5 = Modbus/自由端口未使能；

⑦ 6 = Modbus 正在忙于其他请求；

⑧ 7 = 响应错误（响应不是请求的操作）；

⑨ 8 = 响应 CRC 校验和错误；

⑩ 101 = 从站不支持请求的功能；

⑪ 102 = 从站不支持数据地址；

⑫ 103 = 从站不支持此种数据类型；

⑬ 104 = 从站设备故障；

⑭ 105 = 从站接受了信息，但是响应被延迟；

⑮ 106 = 从站忙，拒绝了该信息；

⑯ 107 = 从站拒绝了信息；

⑰ 108 = 从站存储器奇偶错误。

MBUS_MSG 指令支持的操作数和数据类型如表 1-71 所示。

表1-71 MBUS_MSG指令支持的操作数和数据类型

输入/输出	操 作 数	数据类型
First	I,Q,M,S,SM,T,C,V,L(触发脉冲信号)	布尔
Addr	VD,ID,QD,MD,SD,SMD,LD,AC,Constant, *VD, *AC, *LD	双字
Slave	VB,IB,QB,MB,SB,SMB,LB,AC,Constant, *VD, *AC, *LD	字节
RW	VB,IB,QB,MB,SB,SMB,LB,AC,Constant, *VD, *AC, *LD	字节
Count	VW,IW,QW,MW,SW,SMW,LW,AC,Constant, *VD, *AC, *LD	整数
Dataptr	&VB	双字
Done	L,Q,M,S,SM,T,C,V,L	布尔
Error	VB,IB,QB,MB,SB,SMB,LB,AC*,VD*,AC*,LD	字节

2）Modbus从站协议指令

西门子Modbus从站协议指令库包括两条指令：MBUS_INIT指令和MBUS_SLAVE指令。

① MBUS_INIT指令。MBUS_INIT指令用于启用和初始化或禁止Modbus从站通信，如图1-147所示。在使用MBUS_SLAVE指令之前，必须正确执行MBUS_INIT指令，只有完成位置位后，才能继续执行下一条指令。应在每次扫描且EN输入打开时执行该指令。其参数含义如下。

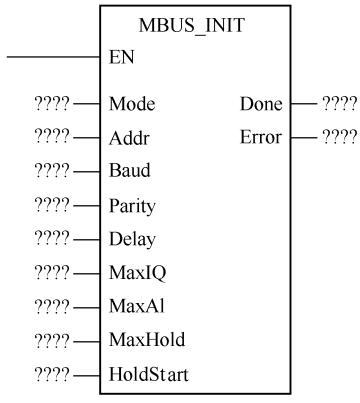


图1-147 MBUS_INIT指令

EN：输入使能位。应在每次通信状态改变时执行MBUS_INIT指令。因此，EN输入应当通过一个边缘用脉冲打开，或者仅在首次扫描时执行。

Mode：模式参数。可通过输入参数数值选择通信协议。输入数值1时，将端口0指定给Modbus协议并启用协议；输入数值0时，指定给PPI，并禁用Modbus协议。

Baud：波特率参数。波特率可选择1 200，2 400，4 800，9 600，19 200，38 400，57 600或115 200，单位均为bps。

Addr：地址参数。输入Modbus从站地址参数，其设置范围为1～247（包括1和247）的数值。

Parity：奇偶校验参数。它应被设为与Modbus主设备奇偶校验相匹配，可设置的数值为0～2，其中0—无奇偶校验；1—奇数奇偶校验；2—偶数奇偶校验。

Delay：延迟参数。可通过将指定的毫秒数增加至标准Modbus信息超时的方法延长标准Modbus信息结束超时条件。该参数的典型数值为0。如果使用带有纠错功能的调制解调器，可将延迟设为50～100μs。如果使用扩展频谱无线电，可将其设为10～100μs。“延迟”的范围为0～32 767μs。

MaxIQ：最大I/O位参数。可将Modbus地址00xxxx和01xxxx使用的I和Q点数设为0～128。数值0表示禁用所有向输入和输出的读取。建议将MaxIQ数值设为128，该数值可在S7-200中存取所有的I和Q点。

MaxAI：最大AI参数。可将Modbus地址03xxx使用的字输入（AI）寄存器数目设为

0～32。数值 0 表示禁用模拟输入的读数。建议使用如下 ÄMaxAI 数值，因为这些数值允许存取所有的 S7－200 模拟输入。

① 0，用于 CPU 221；

② 16，用于 CPU 222；

③ 32，用于 CPU 224、226 和 226XM。

MaxHold：用于设定供 Modbus 地址 04xxx 使用的 V 存储器中的字保持寄存器数目。例如，为了允许主设备存取 2 000 字节的 V 存储器，将“MaxHold”设为 1 000 个字的数值（保持寄存器）。

HoldStart：该参数是 V 存储器中保持寄存器的起始地址。该数值一般被设为 VB0，因此 HoldStart 参数被设为 &VB0（VB0 地址），而其他被设为了 VB0。Modbus 主设备可存取 V 存储器的 MaxHold 个字数，并从 HoldStart 开始。

Done：初始化完成标志，成功初始化后置 1。

Error：初始化错误代码。

MBUS_INIT 指令参数支持的操作数和数据类型如表 1－72 所示。

表 1－72 MBUS_INIT 指令参数支持的操作数和数据类型

输入/输出	操 作 数	数 据 类 型
Mode、Addr、Parity	VB,IB,QB,MB,SB,SMB,LB,AC,Constant, *VD, *AC, *LD	布尔
Baud,Holdstart	VD,ID,QD,MD,SD,SMD,LD,AC,Constant, *VD, *AC, *LD	双字
Delay,MaxIQ,MaxAI, MaxHold	VW,IW,QW,MW,SW,SMW,LW,AC,Constant, *VD, *AC, *LD	字节
Done	L,Q,M,S,SM,T,C,V,L	布尔
Error	VB,IB,QB,MB,SB,SMB,LB,AC*,VD*,AC*,LD	字节

② MBUS_SLAVE 指令。MBUS_SLAVE 指令用于为 Modbus 主设备发出的请求服务，并且必须在每次扫描时执行，以便允许该指令检查和回答 Modbus。应在每次扫描且 EN 输入开启时执行该指令。MBUS_SLAVE 指令无输入参数，如图 1－148 所示。

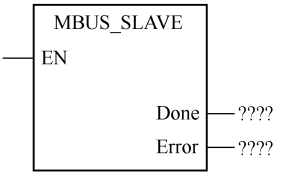


图 1－148 MBUS_SLAVE 指令

当 MBUS_SLAVE 指令对 Modbus 请求做出应答时，“Done”输出打开。如果没有需要服务的请求时，“Done”输出关闭。“Error”输出包含执行该指令的结果。该输出只有在“Done”打开时才有效。如果“Done”关闭，错误参数不会改变。

MBUS_SLAVE 指令参数支持的操作数和数据类型如表 1－73所示。

表 1－73 MBUS_SLAVE 指令参数支持的操作数和数据类型

输入/输出	操 作 数	数 据 类 型
Done	L,Q,M,S,SM,T,C,V,L	布尔
Error	VB,IB,QB,MB,SB,SMB,LB,AC*,VD*,AC*,LD	字节

实例解决方案

1）Modbus 主站组态

（1）分配库存储区

打开编程软件找到“文件”，打开“库存储区”，出现如图 1－149 所示的界面，单击

“建议地址”按钮，则系统会自动分配库存储区的地址。

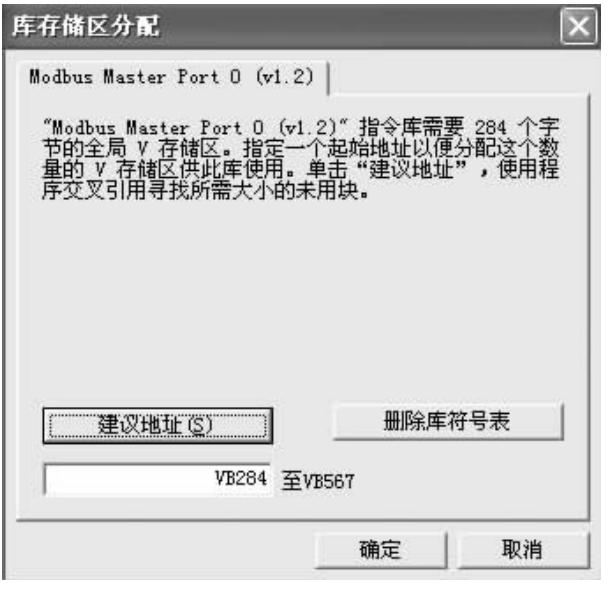


图 1-149　库存储区分配界面

（2）主站编程

Modbus 主站程序如图 1-150 所示。

2）Modbus 从站组态

（1）分配库存储区

分配库存储区与主站类似。

（2）从站编程

Modbus 从站程序如图 1-151 所示。

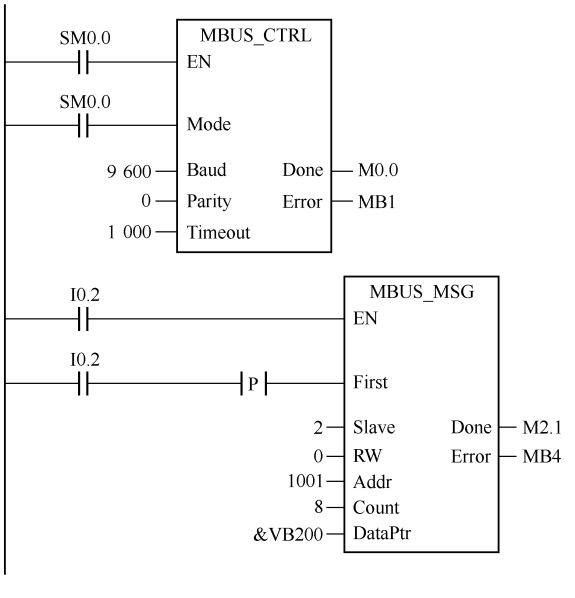


图 1-150　Modbus 主站程序

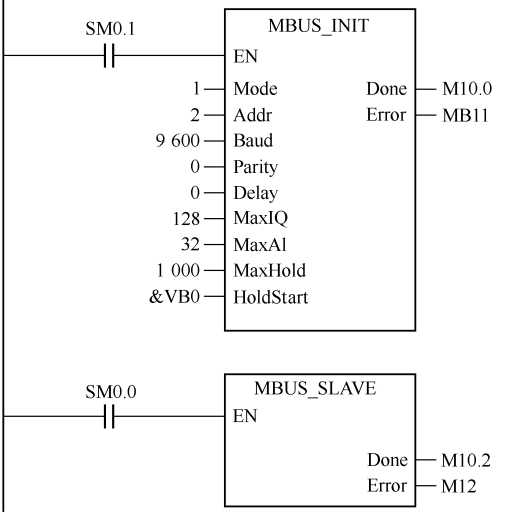


图 1-151　Modbus 从站程序

3）通信调试

用串口编程电缆连接主/从站 PLC 的端口 0，设主/从站为运行状态，并接通 I0.3。将从站设置为 I0.1～I0.7，利用软件监视 VB200 存储的数据（即 I0.1～I0.7）。

实例 40　S7－200 PLC 的以太网通信



实例控制要求

要求对两台 S7－200 PLC 通过 CP243－1 扩展模块实现以太网的连接，以及通过以太网对 PLC 进行编程与诊断。



基本知识

工业以太网是基于国际标准 IEEE 802.3（Ethernet）的强大的区域和单元级设备联网的国际标准。在开放式 SIMATIC NET 通信系统中，工业以太网可以用做协调级和单元级网络。在技术上，工业以太网是一种基于屏蔽同轴电缆、双绞电缆而建立的电气网络，或一种基于光纤电缆的光网络。工业以太网根据国际标准 IEEE 802.3 定义而得。

工业以太网模块 CP 243－1 是一种通信处理器，IMATIC PLC 通过以太网扩展模块 CP 确 243－1 或者互联网扩展模块 CP 243－1IT 来支持 TCP/IP 以太网通信。可以使用 STEP7 Micro/Win 通过以太网对其 S7－200 进行远程组态、编程和诊断。要实现工业以太网与 S7－200PLC 的通信，必须使用 CP 243－1（或 CP243－1IT）以太网模块，PC 上也要安装以太网网卡。CP 243－1 可以与各种不同类型的 S7－200 CPU（222，224，226 和 226XM）相连接，但是每个 S7－200 CPU 只能连接一个 CP 243－1。如果连接有多个 CP 243－1，将不能保证 S7－200 系统的正常运行。

1）工业以太网模块的 CP 243－1 技术规范

CP 243－1 技术规范如表 1－74 所示。

表 1－74　CP 243－1 技术规范

型号	6GK7 243－1EX00－0XE0
模块结构	S7－200 扩展模板
传输速率	10Mbps 和 100Mbps
闪存大小	1MB
SDRAM 存储大小	8MB
接口连接到工业以太网（10/100Mbps）	8 针 RJ45 插座
组态软件	STEP 7－Micro/Win（V3.2 SP1 和以上）
尺寸（W×H×D）	71.2mm×80mm×62mm
重量	约 150g
外部供电电压	24VDC；（－15%～+20%，20.4～28.8VDC）
功率消耗	1.75W
电流消耗	从 S7－200 总线供电：55mA 外部 DC 24V 供电：60mA

续表

模块最大连接数量	最多8个S7连接（XPUT/XGET和READ/WRITE）+1个STEP 7 Micro/Win 32连接
允许环境条件：工作温度 • 运输/存储温度 • 相对湿度，最大 • 安装高度	水平安装，0～+55℃ 垂直安装，0～+45℃，-40～+70℃ 95%，+25℃时 海拔2 000m以下，海拔越高，冷却越没有效果，需要降低最大工作温度
保护等级	IP 20
以太网标准	IEEE 802.3
标准	CE标记 UL 508或cULus CSA C22.2，Number 142或cULus FM 3611 EN 50081-2 / EN 61000-6-4 EN 60529 EN 61000-6-2 EN 61131-2
启动时间或复位后的重新启动时间	约10s
用户数据数量	作为客户机：对于XPUT/XGET，为212字节 作为服务器：对于XGET或READ，为222字节 对于XPUT或WRITE，为212字节

2）工业以太网模块CP 243-1功能介绍

① 可通过RJ45进行以太网访问。

② 通过S7-200总线即可与S7-200系统简单连接，以实现一种灵活的分布式自动化架构。

③ 通过工业以太网和STEP 7-Micro/Win 32，可实现S7-200系统的远程编程、组态和诊断。最多可以组态8个连接。

④ 对于连接控制（保持活动状态），可以对主动和被动伙伴的所有TCP/IP传输连接进行组态。

⑤ 可提供与S7-OPC的连接，CP 243-1允许S7-200编程软件STEP 7-Micro/Win通过工业以太网访问S7-200。

⑥ 无须重复进行编程/组态，即可更换模板（即插即用）S7通信服务。“XPUT/XGET”既可用做客户机，也可用做服务器S7通信服务。“READ/WRITE”作为服务器，通过预设MAC地址（48位数值）进行地址分配（在出厂时已对每个CP 243-1进行了MAC地址分配。MAC地址打印在附于上盖下面的标签上。使用BOOTP协议，通过预设的MAC地址，可以将IP地址分配给CP 243-1通信处理器）。



实例解决方案

1）硬件配置

实现本实例需要两台S7-200 PLC和两个CP 243-1通信扩展模块，一台以太网交换机

及一台装有以太网卡的 PC，三根普通网线和一根 PC/PPI 编程电缆，如图 1－152 所示。

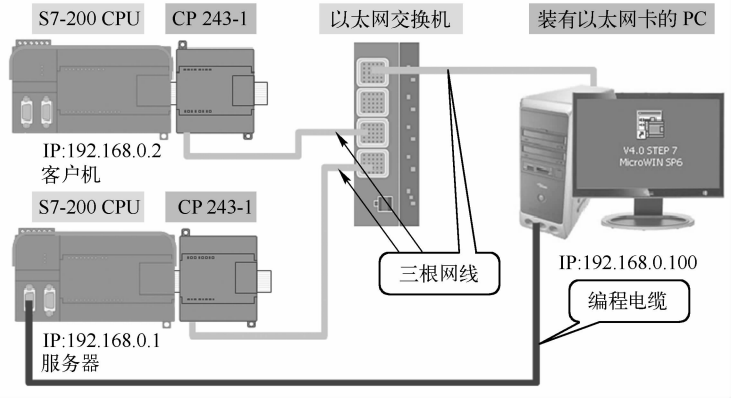


图 1－152　以太网通信的硬件配置图

2）使用向导配置服务器

① 启动 STEP 7－Micro/Win 软件，找到“工具”，单击“以太网向导”，出现以太网向导界面，如图 1－153 所示。



图 1－153　以太网向导配置 1

② 单击图 1－153 中的“下一步”按钮，进入到模块配置界面，如图 1－154 所示。设置模块位置为 0。如果在线情况下单击“读取模块”按钮，可以搜索在线的 CP 243－1 模块，如图 1－155 所示。

③ 单击图 1－154 中的“下一步”按钮，进入模块地址分配界面，如图 1－156 所示，在此模块中设定 IP 地址为“192. 168. 0. 1”；设定子网掩码为“255. 255. 255. 0”；将模块连接类型设为“自动检测通信”。

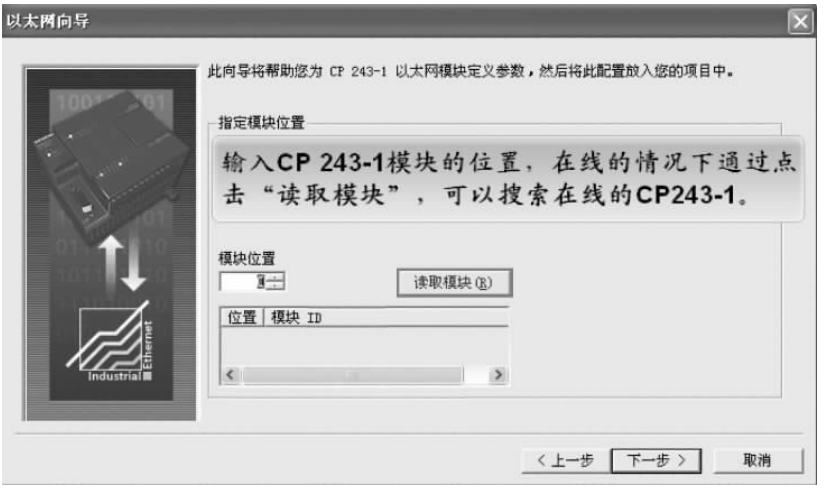


图 1–154　以太网向导配置 2



图 1–155　以太网向导配置 3



图 1–156　以太网向导配置 4

④ 单击图 1-156 中的“下一步”按钮，进入“模块命令字节和对等连接”界面，如图 1-157 所示，QB 的地址使用的是系统默认设置，并将模块连接数目设置为 1。



图 1-157 以太网向导配置 5

⑤ 单击图 1-157 中的“下一步”按钮，出现“配置连接”界面，如图 1-158 所示，选择“连接 0”为“此为服务器连接”，远程 TSAP 地址使用系统默认的设置，为 10；本地 TSAP 地址自动生成；勾选“接受所有连接请求”复选框；其他使用系统默认的设置。

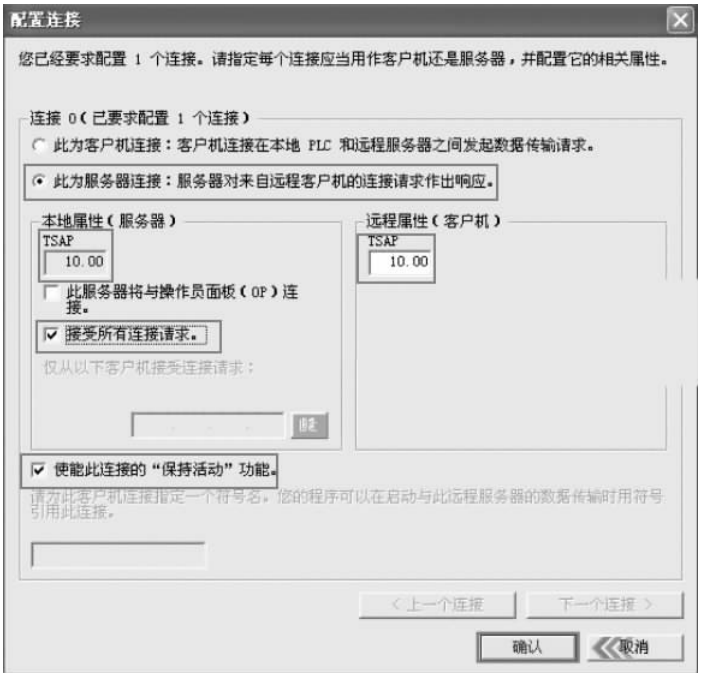


图 1-158 以太网向导配置 6

⑥ 单击图 1-158 中的“确认”按钮，进入“CRC 保护”界面，如图 1-159 所示，选择“是，为数据模块中的此配置生成 CRC 保护”。保持活动时间间隔为 30s。

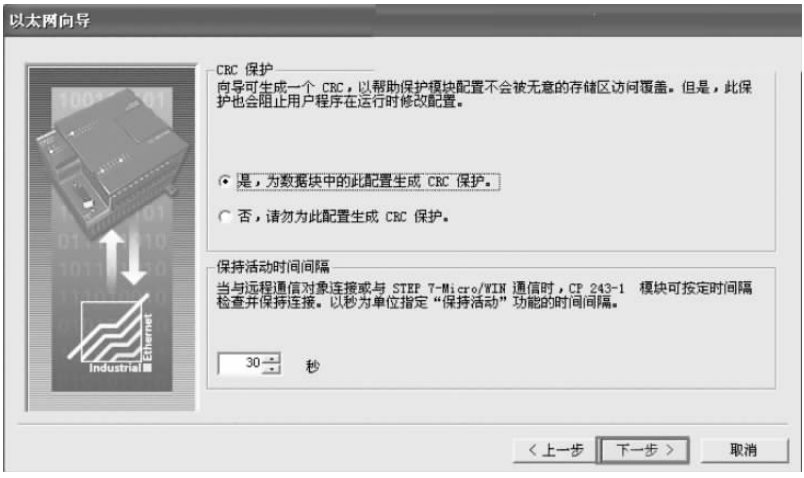


图 1-159　以太网向导配置 7

⑦ 单击图 1-159 中的“下一步”按钮，出现“为配置分配存储区”界面，如图 1-160 所示，V 存储区的地址范围设置建议通过“建议地址”按钮自动分配。设置完成后，再单击“下一步”按钮，进入如图 1-161 所示的界面，再按照提示单击“完成”并“保存”设置，至此便完成了服务器的以太网向导配置。



图 1-160　以太网向导配置 8

3）使用向导配置客户机

① 启动软件进行客户机的配置，前两步同服务器的设置步骤。

② 进入模块地址分配界面后，如图 1-162 所示，在此模块中设定 IP 地址为“192. 168. 0. 2”；设定子网掩码为“255. 255. 255. 0”；将模块连接类型设为“自动检测通信”。

③ 单击图 1-162 中的“下一步”按钮，进入“模块命令字节和对等连接”界面，如图 1-163 所示。QB 的地址使用的是系统默认设置，并将模块连接数目设置为 1。

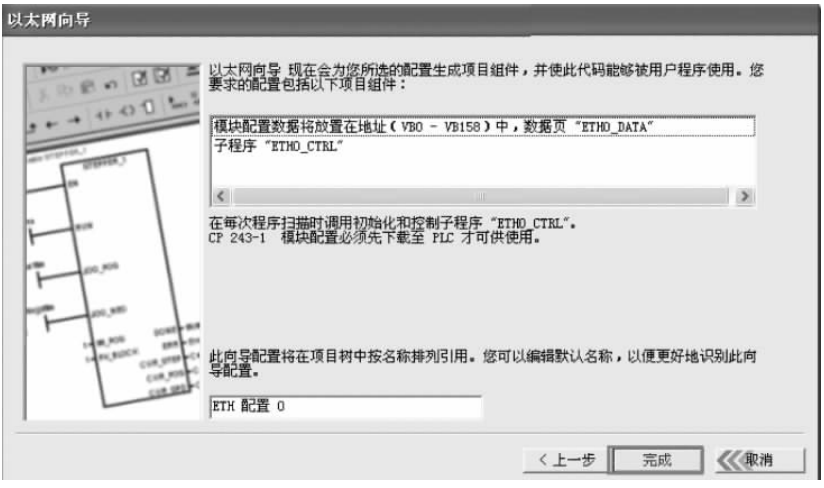


图 1－161 以太网向导配置 9

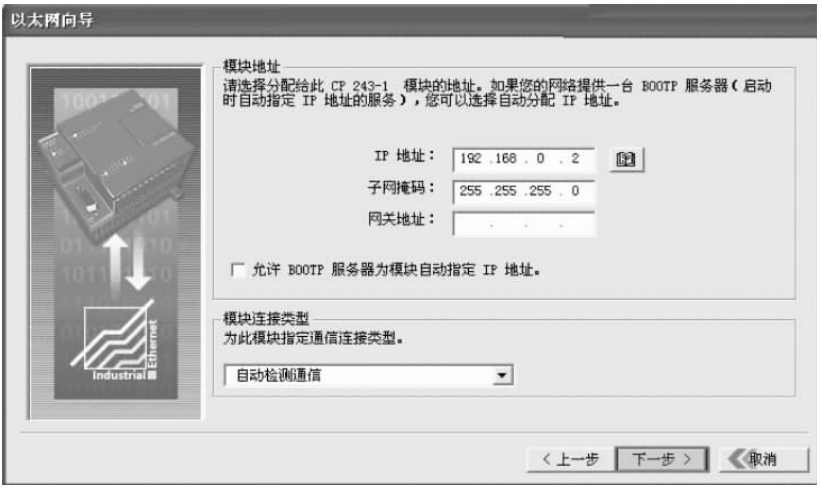


图 1－162 以太网向导的客户机配置 1



图 1－163 以太网向导的客户机配置 2

④ 单击图 1-163 中的“下一步”按钮，出现“配置连接”界面，如图 1-164 所示，选择“此为客户机连接”，指定服务器 IP 地址为“192.168.0.1”。在此界面中，单击“数据传输”按钮，出现“配置 CPU 至 CPU 数据传输”界面，再单击界面中的“新传输”按钮，会出现如图 1-165 所示的“添加一个新数据传输吗?”的对话框。



图 1-164　以太网向导的客户机配置 3

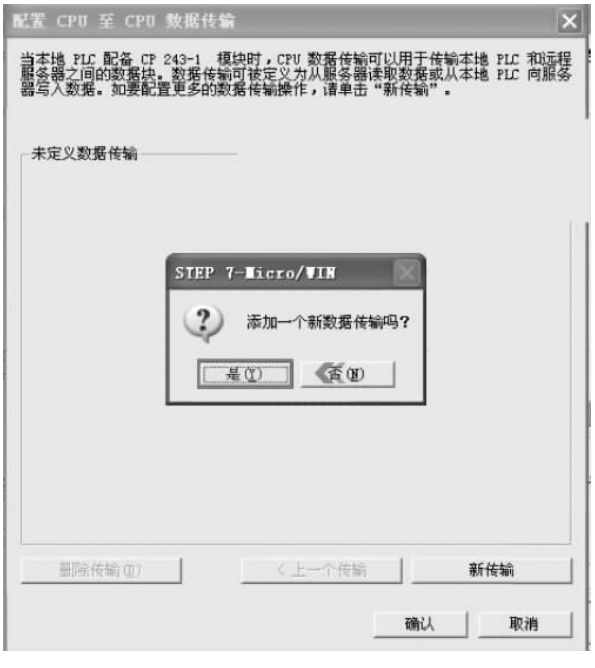


图 1-165　以太网向导的客户机配置 4

⑤ 单击图 1-165 中的“是”按钮，进入数据传输定义界面，如图 1-166 所示，“数据传输 0”处选择“从远处服务器连接读取数据”；将读取数据字节为 1；选择从服务器的 IB0 读取数据。其他参数选择系统默认的值。

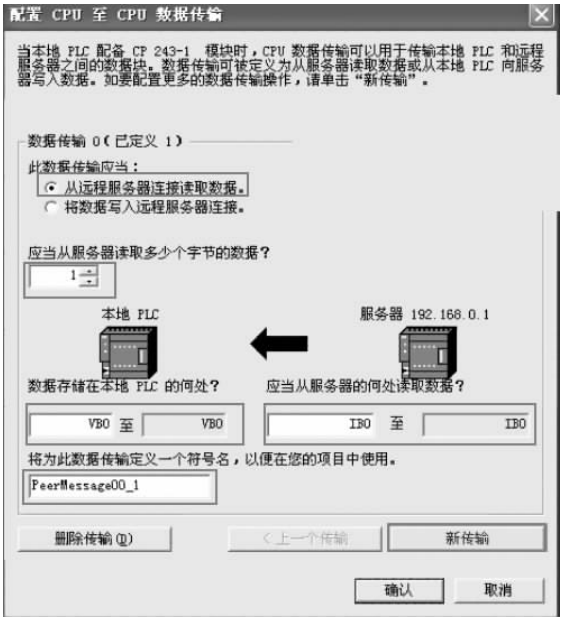


图 1-166 以太网向导的客户机配置 5

⑥ 单击图 1-166 中的“新传输”按钮，会出现新的数据传输定义界面，如图 1-167 所示，“数据传输 1”处选择“将数据写入远处服务器连接”；将写入字节的数据设为 1；将本地 PLC 数据地址设为“VB1”；将数据存入服务器的地址设为“QB0”，其他参数选择系统默认的值。

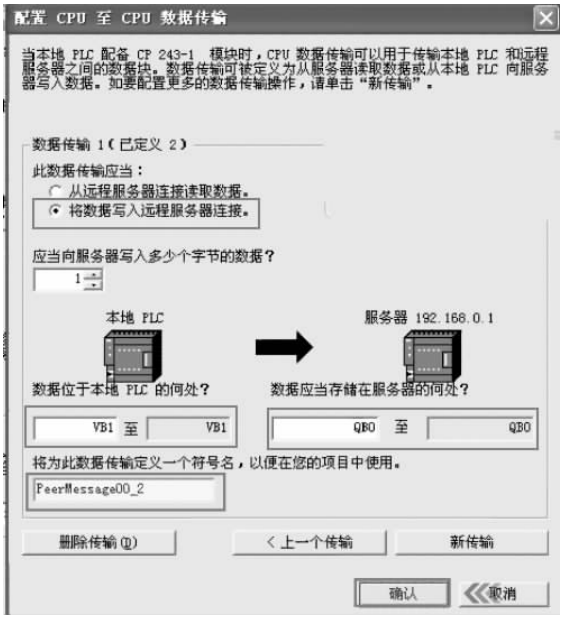


图 1-167 以太网向导的客户机配置 6

⑦ 单击图 1-167 中的“确认”按钮，出现如图 1-168 所示的界面，单击“确认”按钮，则按照提示操作会出现如图 1-169 所示的“为配置分配存储区”的界面，再单击“建议地址”按钮，系统会自动分配地址。



图 1-168　以太网向导的客户机配置 7



图 1-169　以太网向导的客户机配置 8

⑧ 单击图 1-169 中的“下一步”按钮，并按照提示操作，由此便可完成客户机的向导配置并保存该配置了，如图 1-170 所示。

4）编写程序

① 服务器程序如图 1-171 所示。利用向导组态完服务器后，应调用向导生成的子程序编写程序，编写完后可将其下载到 S7 -200 服务器中。

② 客户机程序如图 1-172 所示。利用向导组态完客户机后，应调用向导生成的子程序编写程序，编写完后将其下载到 S7 -200 客户机中。

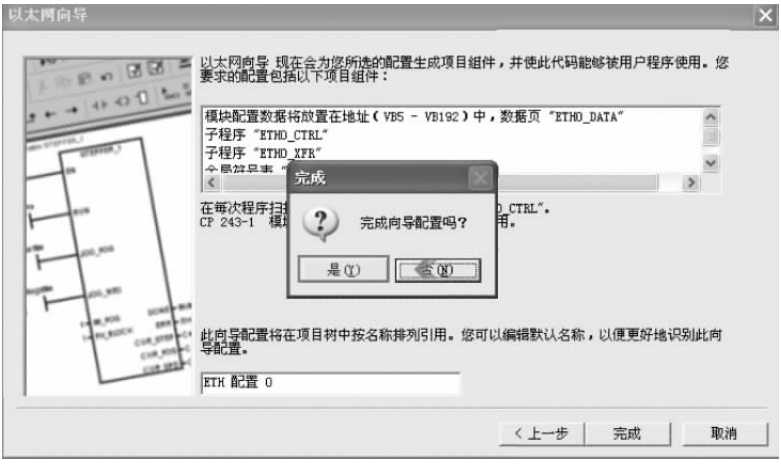


图 1－170　以太网向导的客户机配置 9

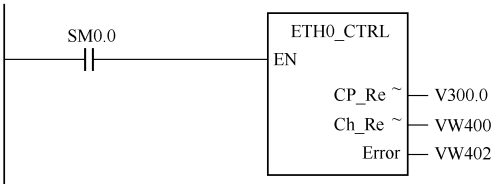


图 1－171　服务器程序

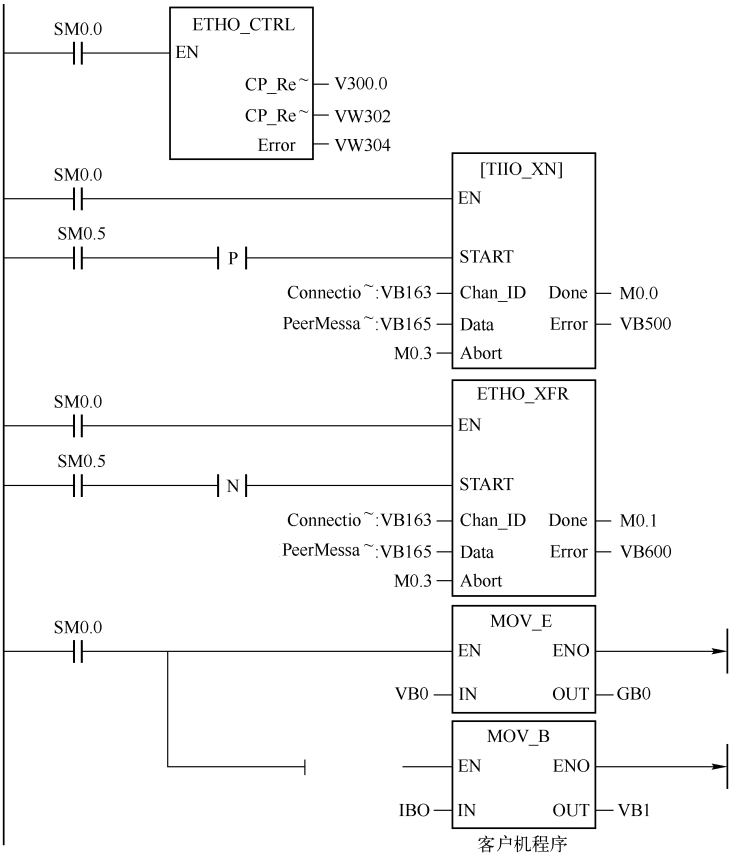


图 1－172　客户机程序

5）联机调试与诊断

两台 S7 – 200 都下载完程序后，均需要重新上电，并使其处于 RUN 状态下，此时对以太网的配置开始生效。分别拨动两台 PLC 上的 I0.0 ~ I0.7 输入端开关，观察 PLC 输出端 Q0.0 ~ Q0.7 的指示灯是否随着输入变化而变化。如果变化正常，说明通信成功，否则说明通信失败。

第2篇 实 践 篇

实例 41　电动机正反转的 PLC 控制



实例控制要求

在实际工作中，经常要对电动机进行正反转控制。要求按下正转启动按钮，电动机正向连续运转；按下反转启动按钮，电动机反向连续运转；按下停止按钮后，电动机停止运转。电动机还应具有过载保护。



实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本案例需要 4 个输入点，2 个输出点，如表 2-1 所示。

表 2-1　PLC 的 I/O 配置

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	正向启动按钮	I0.0	KM1	正向运行接触器	Q0.0
SB2	停止按钮	I0.1	KM2	反向运行接触器	Q0.1
SB3	反向启动按钮	I0.2			
KH	过载保护	I0.3			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 2-1 所示。



重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备互锁电路。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

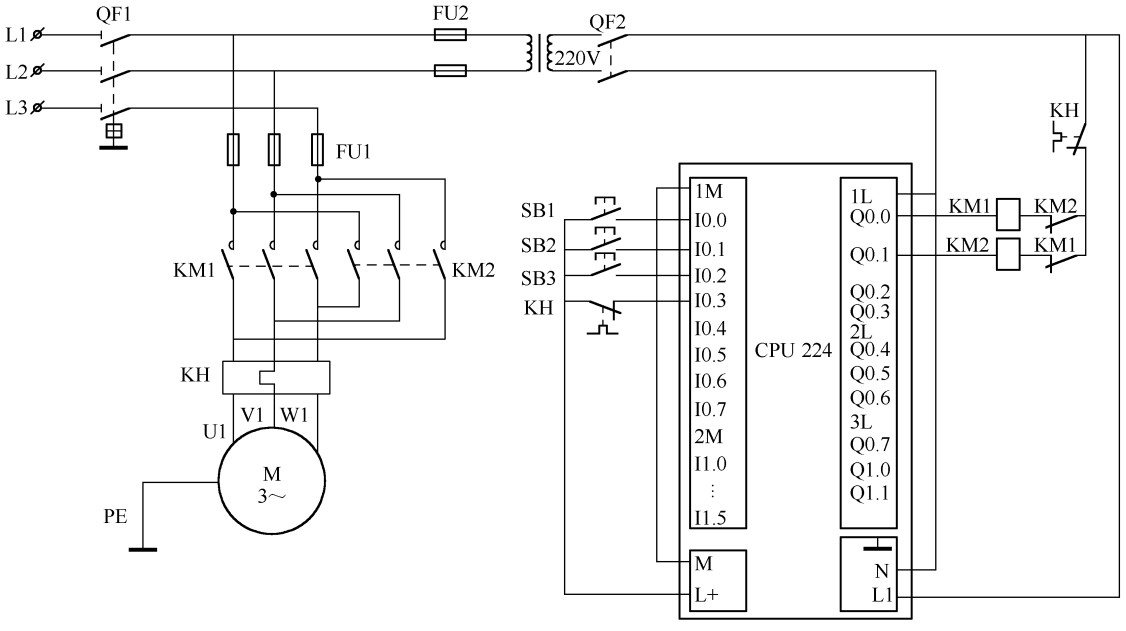


图 2-1　PLC 系统的接线原理图

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2-2 所示。

表 2-2　材 料 清 单

序　号	分　类	名　称	型 号 规 格	数　量	备　注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7 - 200/224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7 - 200 编程软件	STEP 7 - Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm × 600mm	1 块	
7		导轨	C45	0. 3m	
8		自动断路器	DZ47 - 63/3P D20 DZ47 - 63/2P D5	各 1 只	
9		熔断器	RT28 - 32		
10		接触器	NC3 - 09/220	2 只	
11		热继电器	NR4 - 63（1 - 1. 6A）	1 只	
12		三相异步电动机	型号自定	1 台	
13		控制变压器	JBK3 - 100　380/220	1 只	
14		按钮	LA4 - 3H	1 只	
15		端子排	D - 20	1 根（20 节）	

续表

序　号	分　类	名　称	型号规格	数　量	备　注
16	耗材	铜塑线	BVR/2.5 MM2	10m	主电路
17		铜塑线	BVR/1 MM2	25m	控制电路
19		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
20		线槽	25mm×35mm	若干	
21		号码管		若干	

重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

4）程序设计

重点提示

① 过载保护：当电动机过载时，热继电器 KH 触点动作，通过软、硬件都能使电动机停止。

② 在程序中应注意 Q0.0 和 Q0.1 的软件互锁，在硬件接线中它们也用做 KM1 和 KM2 的互锁。

③ 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

梯形图程序

电动机正反转控制线路的梯形图程序如图 2-2 所示。

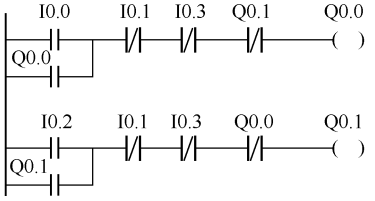


图 2-2　电动机正反转控制线路的梯形图程序

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，要求能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。
② 调试程序应符合控制要求。
③ 注意人身和设备的安全。

实例 42　行程开关控制的自动延时循环控制电路

实例控制要求

在实际工作中，经常要求电动机进行自动延时循环控制，即要求按下正向启动按钮，电动机正向启动向右运转，运行到终端碰到反向限位开关 SQ2，电动机停止并延时 5s 向左返回，碰到正向限位开关 SQ1，电动机停止并延时 5s 后再一次向右运行，如此自动往返；按下反向启动按钮，电动机反向启动运转，同样也按照上述要求自动往返；按下停止按钮后，电动机停止运转。电动机还应具有过载保护，其循环控制示意图如图 2-3 所示。

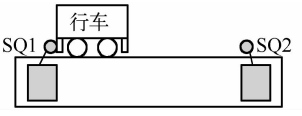


图 2-3　自动延时循环控制示意图

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本案例需要 6 个输入点，2 个输出点，如表 2-3 所示。

表 2-3　PLC 的 I/O 配置

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	正向启动按钮	I0.0	KM1	正向运行接触器	Q0.0
SB2	停止按钮	I0.1	KM2	反向运行接触器	Q0.1
SB3	反向启动按钮	I0.2			
KH	过载保护	I0.3			
SQ1	正向限位开关	I0.4			
SQ2	反向限位开关	I0.5			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 2-4 所示。

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备互锁电路。
② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。
③ 绘制的原理图要完整规范。

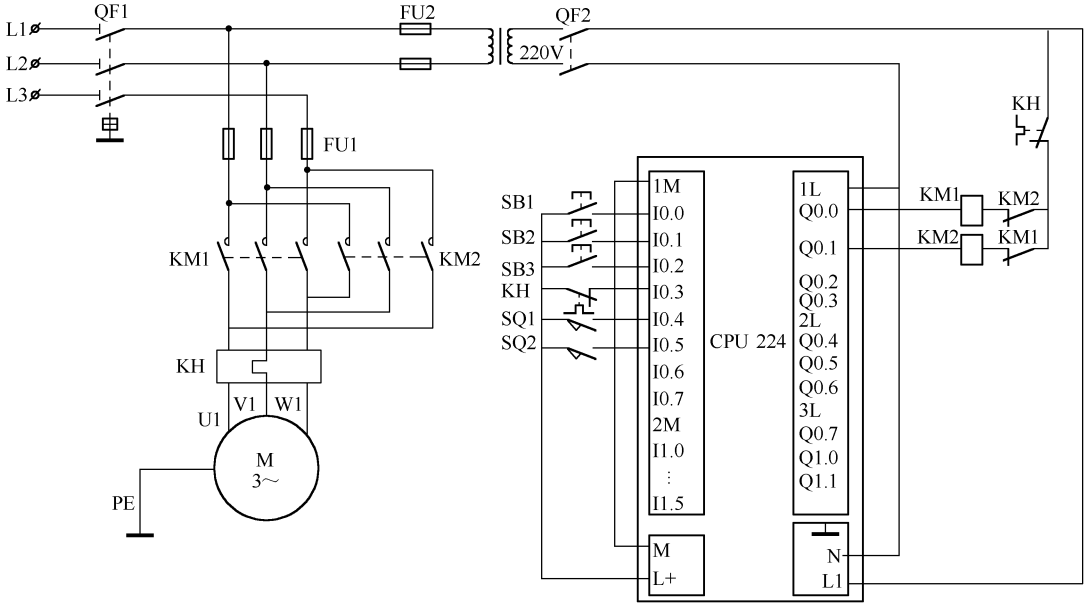


图 2-4 PLC 系统的接线原理图

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2-4 所示。

表 2-4 材 料 清 单

序号	分类	名 称	型 号 规 格	数 量	备 注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	FX2N－16MR	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		GX Developer 编程软件		1 套	
6		配电盘	500mm×600mm	1 块	
7		导轨	C45	0.3m	
8		自动断路器	DZ47－63/3P D20 DZ47－63/2P D5	各 1 只	
9		熔断器	RT28－32	5 只	
10		接触器	NC3－09/220	2 只	
11		热继电器	NR4－63（1－1.6A）	1 只	
12		三相异步电动机	型号自定	1 台	
13		控制变压器	JBK3－100 380/220	1 只	
14		按钮	LA4－3H	1 只	
15		端子排	D－20	1 根（20 节）	
16		限位开关	JLXK1－111	2 个	
17	耗材	铜塑线	BVR/2.5 MM2	10m	主电路
18		铜塑线	BVR/1 MM2	25m	控制电路
19		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
20		线槽	25mm×35mm	若干	
21		号码管		若干	

重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

4）程序设计

重点提示

① 过载保护：当电动机过载时，热继电器 KH 触点动作，通过软、硬件都能使电动机停止。

② 在程序中要注意 Q0.0 和 Q0.1 的软件互锁，在硬件接线中它们也可用做 KM1 和 KM2 的互锁。

③ 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

梯形图程序

电动机自动延时循环控制线路的梯形图程序如图 2-5 所示。

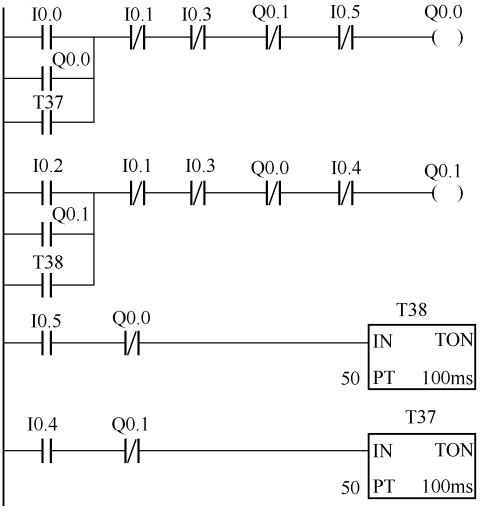


图 2-5　电动机自动延时循环控制线路的梯形图程序

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，要求能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序应符合控制要求。

③ 注意人身和设备的安全。

实例 43　交流异步电动机Y—△降压启动的 PLC 控制

实例控制要求

一般大于 7.5kW 的交流异步电动机，在启动时常采用Y—△降压启动。本实例要求按下启动按钮后，电动机先进行星形连接启动，经延时一段时间后，自动切换成三角形连接进行运转；按下停止按钮后，电动机停止运转。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本案例需要 3 个输入点，3 个输出点，如表 2-5 所示。

表 2-5　PLC 的 I/O 配置

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	KM1	主接触器	Q0.0
SB2	停止按钮	I0.1	KM2	Y 接触器	Q0.1
KH	过载保护	I0.2	KM3	△接触器	Q0.2

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 2-6 所示。

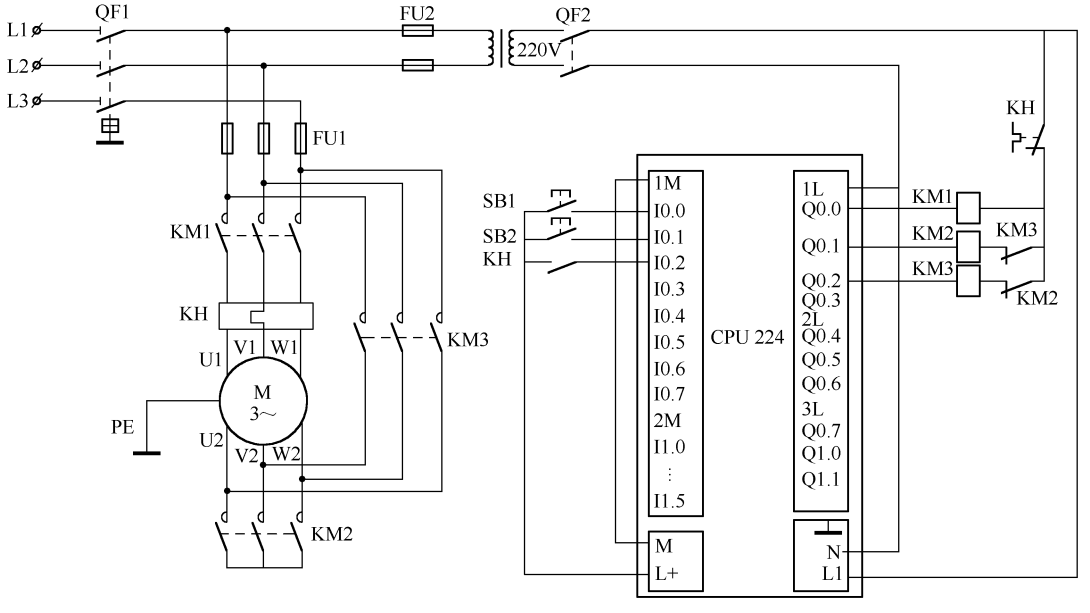


图 2-6　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备互锁电路。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2-6 所示。

表 2-6 材 料 清 单

序 号	分 类	名 称	型 号 规 格	数 量	备 注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7 - 200/224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7 - 200 编程软件	STEP 7 - Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm × 600mm	1 块	
7		导轨	C45	0.3m	
8		自动断路器	DZ47 - 63/3P D20 DZ47 - 63/2P D5	各 1 只	
9		熔断器	RT28 - 32	5 只	
10		接触器	NC3 - 09/220	3 只	
11		热继电器	NR4 - 63（1 - 1.6A）	1 只	
12		三相异步电动机	型号自定	1 台	
13		控制变压器	JBK3 - 100 380/220	1 只	
14		按钮	LA4 - 3H	1 只	
15		端子排	D - 20	1 根（20 节）	
16	耗材	铜塑线	BVR/2.5 MM2	10m	主电路
17		铜塑线	BVR/1 MM2	25m	控制电路
18		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
19		线槽	25mm × 35mm	若干	
20		号码管		若干	

重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

4）程序设计

重点提示

① 过载保护：当电动机过载时，热继电器 KH 触点动作，通过软、硬件都能使电动机停止。

② 在程序中应注意 Q0.1 和 Q0.2 的软件互锁，在硬件接线中它们也可用做 KM2 和 KM3 的互锁。

③ 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

梯形图程序

Y—△降压启动控制线路的梯形图程序如图 2-7 所示。

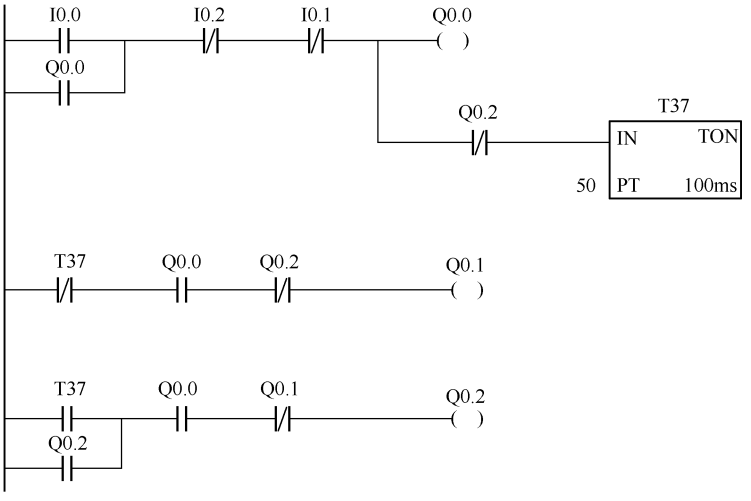


图 2-7 Y—△降压启动控制线路的梯形图程序

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序应符合控制要求。

③ 注意人身和设备的安全。

实例 44　两台电动机顺序启动、逆序停止的 PLC 控制

实例控制要求

在实际工作中，经常要求多台电动机顺序启动，逆序停止。也就是说，要求有两台电动机 M1 和 M2，按下启动按钮，电动机 M1 启动运行，5s 后第二台电动机 M2 启动运行，完成顺序启动过程；按下停止按钮，电动机 M2 停止运行，延时 5s 后电动机 M1 停止，电动机完成逆序停止。两台电动机还都应具有过载保护。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本案例需要 4 个输入点，2 个输出点，如表 2-7 所示。

表 2-7　PLC 的 I/O 配置

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	KM1	电动机 M1 接触器	Q0.0
SB2	停止按钮	I0.1	KM2	电动机 M2 接触器	Q0.1
KH1	M1 过载保护	I0.2			
KH2	M2 过载保护	I0.3			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 2-8 所示。

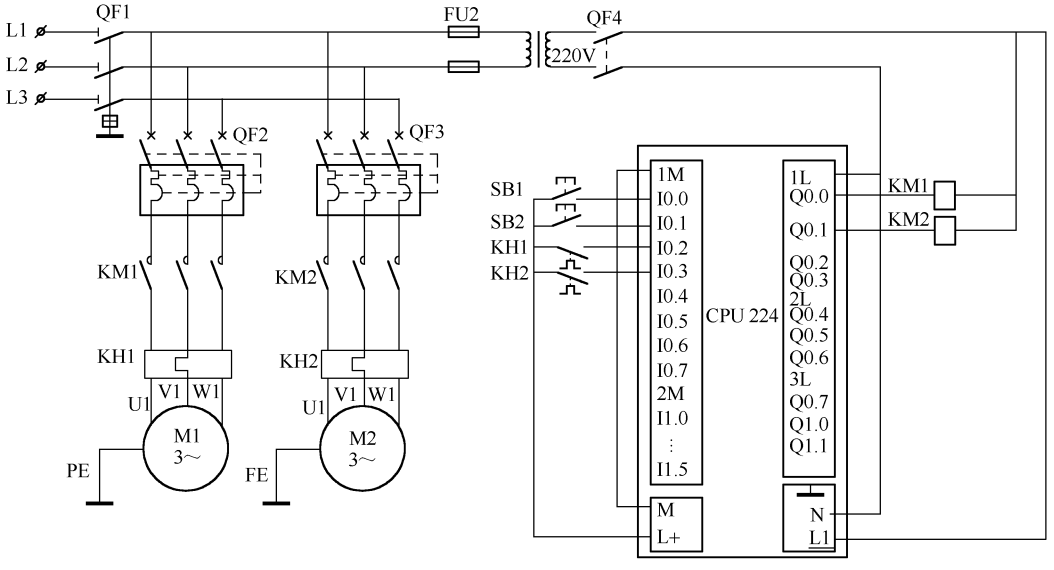


图 2-8　PLC 系统的接线原理图



重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备互锁电路。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压一般不超过 220V。也可设置外部中间继电器。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2-8 所示。

表 2-8 材 料 清 单

序 号	分 类	名 称	型 号 规 格	数 量	备 注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7－200/224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7－200 编程软件	STEP 7－Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm×600mm	1 块	
7		导轨	C45	0.5m	
8		自动断路器	DZ47－63/3P D20	3 只	
9			DZ47－63/2P D5	1 只	
10		接触器	NC3－09/220	2 只	
11		热继电器	NR4－63（1－1.6A）	2 只	
12		三相异步电动机	型号自定	2 台	
13		控制变压器	JBK3－100 380/220	1 只	
14		按钮	LA4－3H	1 只	
15		端子排	D－20	1 根（20 节）	
16		熔断器	RT28－32	2 只	
17	耗材	铜塑线	BVR/2.5 MM2	10m	主电路
18		铜塑线	BVR/1 MM2	25m	控制电路
19		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
20		线槽	25mm×35mm	若干	
21		号码管		若干	



重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。
② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

4）程序设计

重点提示

① 过载保护：当电动机过载时，热继电器 KH 触点动作，通过软、硬件都能使电动机停止。
② 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

梯形图程序

电动机顺序控制线路的梯形图程序如图 2-9 所示。

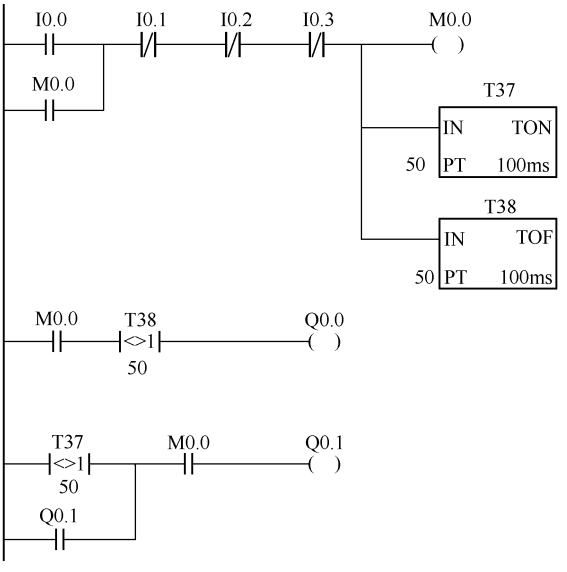


图 2-9　电动机顺序控制线路的梯形图程序

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。
② 调试程序应符合控制要求。
③ 注意人身和设备的安全。

实例 45　彩灯的控制

实例控制要求

要求用 PLC 控制红、黄、绿三种彩灯，按下启动按钮 SB1，红灯先亮，3s 后黄灯亮，再过 3s 后绿灯亮；三种灯全亮 2min 后应全部熄灭。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 1 个输入点，3 个输出点，如表 2－9 所示。

表 2－9　PLC 的 I/O 配置

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	HL1	红	Q0.0
			HL2	黄	Q0.1
			HL3	绿	Q0.2

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 2－10 所示。

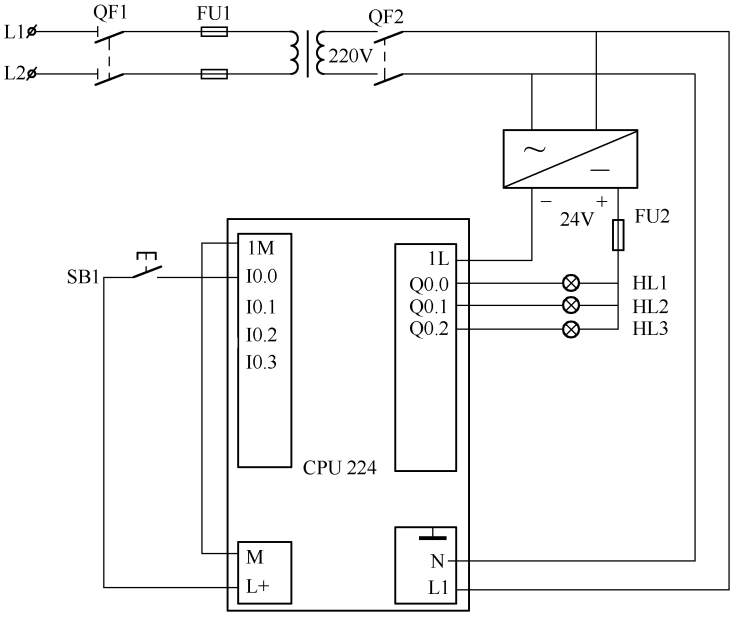


图 2－10　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压为 24V。

③ 绘制的原理图要完整规范。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2-10 所示。

表 2-10 材 料 清 单

序 号	分 类	名 称	型 号 规 格	数 量	备 注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7 - 200/224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7 - 200 编程软件	STEP 7 - Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm × 600mm	1 块	
7		导轨	C45	0.5m	
8		自动断路器	DZ47 - 63/2P D10	2 只	
9		24V 开关电源	型号自定	1 个	
10		控制变压器	JBK3 - 100 380/220	1 只	
11		按钮	LA4 - 2H	1 个	
12		端子排	D - 20	1 根（20 节）	
13		熔断器	RT28 - 32	3 只	
14		彩灯		3 只	
15	耗材	铜塑线	BVR/1 MM2	10m	主电路
16		铜塑线	BVR/0.5 MM2	25m	控制电路
17		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
18		线槽	25mm × 35mm	若干	
19		号码管		若干	

重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

4）程序设计

重点提示

程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

梯形图程序

彩灯控制的 PLC 梯形图程序如图 2-11 所示。

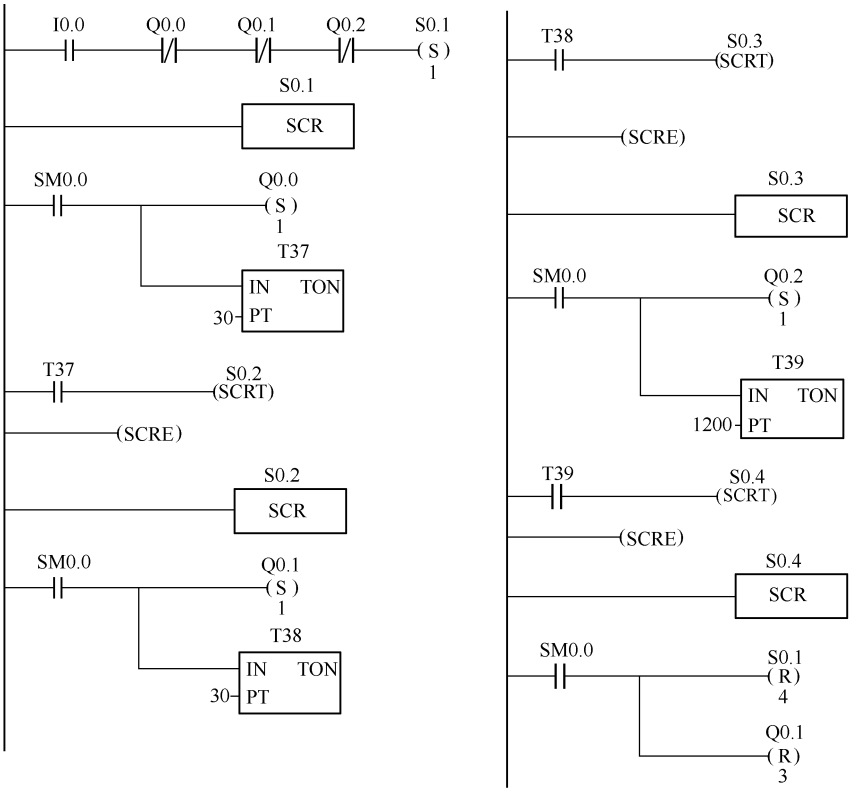


图 2-11　彩灯控制的 PLC 梯形图程序

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序应符合控制要求。

③ 注意人身和设备的安全。

实例46 带数码管显示的抢答器的PLC控制

实例控制要求

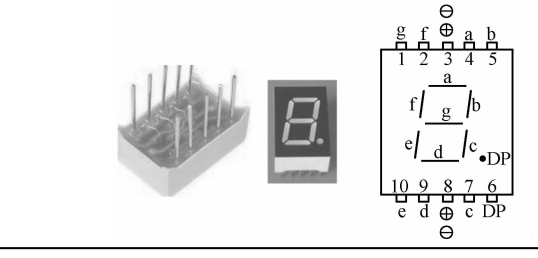
设有4组抢答器，共有4位选手，1位主持人，主持人控制1个开始按钮和1个复位按钮 。当主持人按下开始按钮后，选手开始抢答，抢答正常的选手指示灯亮并用数码管显示序号，其他按钮不起作用。如果主持人未按下开始按钮，就有选手抢答，则认为其犯规，犯规指示灯闪烁，同时选手序号会在数码管上显示出来。当主持人按下开始按钮，在10s内无人抢答时，则系统超时指示灯亮，此题作废，选手不能再抢答。以上所有各种情况只有在主持人按下系统复位按钮后，才能重新开始。

实例解决方案

1）I/O的分配

根据控制要求确定I/O的个数，进行I/O的分配。本实例需要6个输入点，13个输出点，如表2-11所示。

表2-11 PLC的I/O配置

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代 号	功 能		代 号	功 能	
SB1	开始按钮	I0.0	HL1	无人抢答灯	Q0.0
SB2	复位按钮	I0.1	HL2	犯规指示灯	Q0.1
SB3	1组按钮	I0.2	HL3	1组指示灯	Q0.2
SB4	2组按钮	I0.3	HL4	2组指示灯	Q0.3
SB5	3组按钮	I0.4	HL5	3组指示灯	Q0.4
SB6	4组按钮	I0.5	HL6	4组指示灯	Q0.5
				七段码显示a段	Q1.0
				七段码显示b段	Q1.1
				七段码显示c段	Q1.2
				七段码显示d段	Q1.3
				七段码显示e段	Q1.4
				七段码显示f段	Q1.5
				七段码显示g段	Q1.6

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制PLC系统的接线原理图，如图2-12所示。

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC外部硬件也应具备互锁电路。

② PLC继电器输出所驱动的负载额定电压为24V。

③ 绘制的原理图要完整规范。

④ 为了保证抢答的合理性，在输入硬接线时，可将选手抢答按钮的常闭触点串入其他

选手的常开触点电路中。

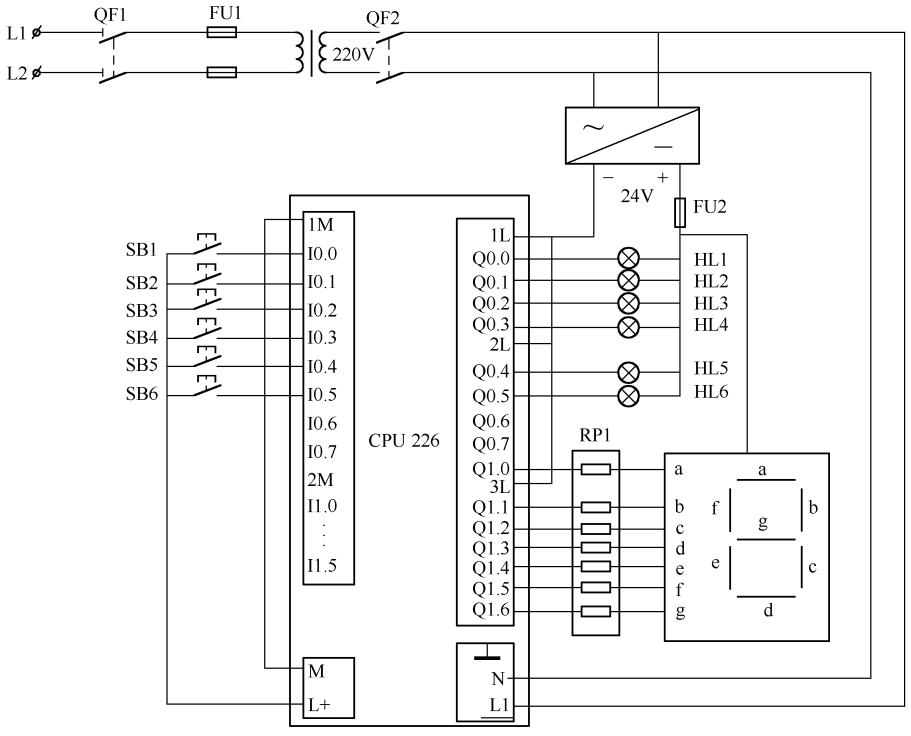


图 2-12　PLC 系统接线原理图

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2-12 所示。

表 2-12　材 料 清 单

序　号	分　类	名　称	型 号 规 格	数　量	备　注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7－200/226	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7－200 编程软件	STEP 7－Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm×600mm	1 块	
7		导轨	C45	0.5m	
8		自动断路器	DZ47－63/2P D10	2 只	
9		24V 开关电源		1 个	
10		控制变压器	JBK3－100　　380/220	1 只	
11		按钮	LA4－3H	2 个	
12		端子排	D－20	1 根（20 节）	
13		LED 七段数码管	BS 12.7 R—1	1 只	
14		电阻排		1 只	
15		熔断器	RT28－32	3 只	

续表

序　号	分　类	名　称	型号规格	数　量	备　注
16	耗材	铜塑线	BVR/1 MM2	10m	主电路
17		铜塑线	BVR/0.5 MM2	25m	控制电路
18		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
19		线槽	25mm×35mm	若干	
20		号码管		若干	

重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

4）程序设计

重点提示

① 程序设计要符合抢答的合理性。

② 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

梯形图程序

带数码管显示的抢答器的 PLC 梯形图程序如图 2-13 所示。

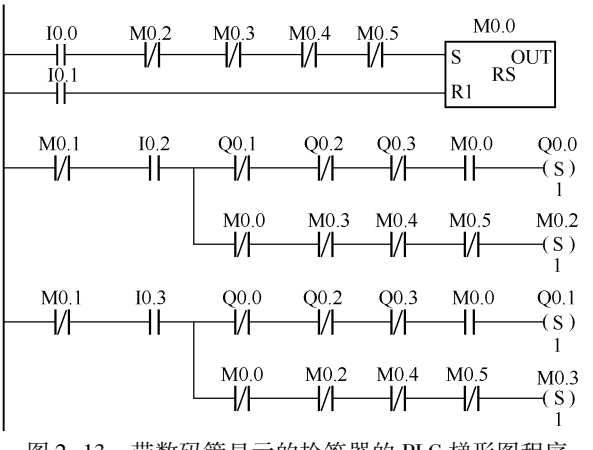


图 2-13　带数码管显示的抢答器的 PLC 梯形图程序

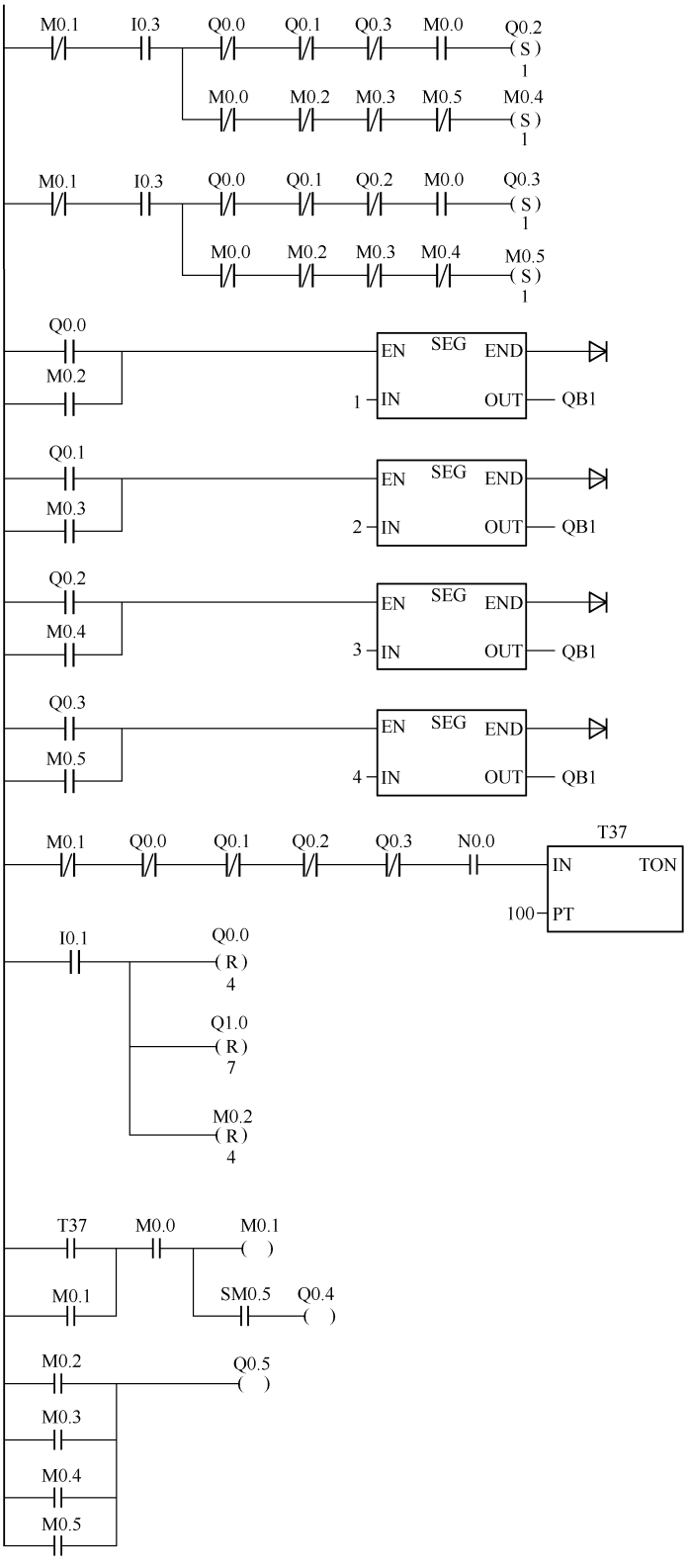


图 2－13　带数码管显示的抢答器的 PLC 梯形图程序（续）

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序应符合控制要求。

③ 注意人身和设备的安全。

实例 47 步进驱动器的 PLC 控制

实例控制要求

在实际工作中，经常要求用 PLC 输出脉冲控制步进驱动器，从而控制步进电动机的正转与反转。当按下启动按钮 SB1 后，PLC 将输出固定数目的脉冲信号到步进驱动器 PU 端，控制步进电动机的位置和速度。SB2 按钮是方向选择开关，PLC 通过输出方向信号来控制步进电动机正转和反转。当 SB2 断开时，此端子为高电平，电动机正转；当 SB2 闭合时，此端子为低电平，电动机反转；按下停止按钮 SB3，电动机停止。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 3 个输入点，2 个输出点，如表 2-13 所示。

表 2-13 PLC 的 I/O 配置

输入设备		输入继电器	输出继电器	输出功能	
SB1	启动按钮	I0.0	Q0.0	输出脉冲	当 Q0.0 发出脉冲、Q0.1 为 OFF 状态时，电动机正转；当 Q0.0 发出脉冲、Q0.1 为 ON 状态时，电动机反转
SB2	方向选择开关	I0.1	Q0.1	方向控制	
SB3	停止按钮	I0.2			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 2-14 所示是 YKA2404MC 步进驱动器的外形和接线示意图，如图 2-15 所示是 PLC 系统的接线原理图。

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备互锁电路。

② 步进驱动器要求：低电平有效；驱动器的信号电源为直流 5V 。

③ YKA2404MC 步进驱动器的工作电源为 DC 12 ~40V。

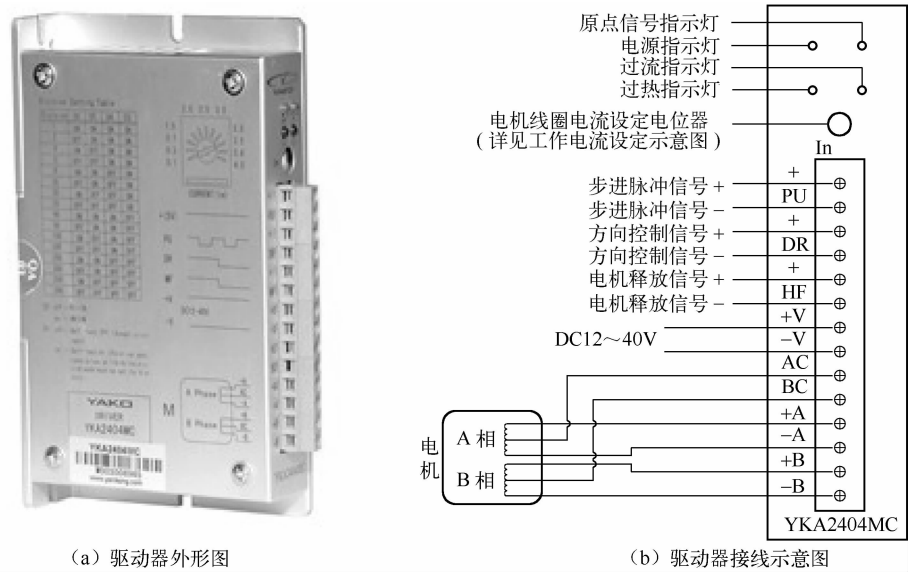


图 2－14　YKA2404MC 步进驱动器的外形和接线示意图

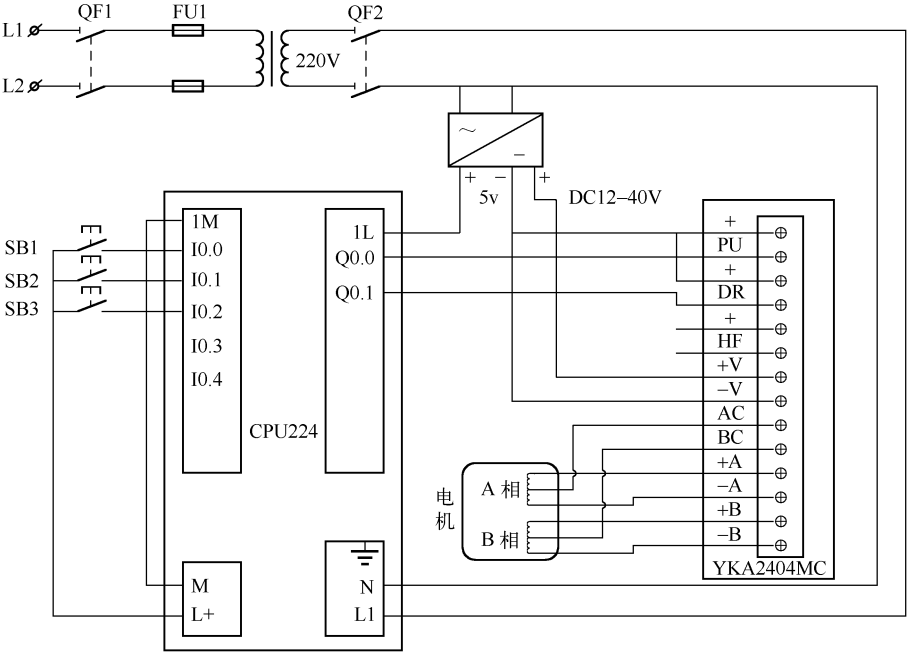


图 2－15　PLC 系统的接线原理图

④ PLC 必须是晶体管输出型，所需额定电压为直流 5V，CPU 224XP DC/DC/DC 输出直流电压可在 5～24V 之间变动。注意：如果晶体管输出型 PLC 所需直流电压为 24V，在与驱动器连接时，需在外部另加 2kΩ 限流电阻，以保证给驱动器内部光耦提供 8～15mA 的驱动电流。

⑤ 绘制的原理图要完整规范，符合技术要求。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2－14 所示。

表2-14 材料清单

序 号	分 类	名 称	型号规格	数 量	备 注
1	工具	电工工具	自定	1套	
2	器材	万用表	MF47型	1块	
3		可编程控制器	S7-200/224XP DC/DC/DC	1台	
4		计算机	自定	1台	
5		S7-200编程软件	STEP 7-Micro/Win V4 SP3	1套	
6		配电盘	500mm×600mm	1块	
7		导轨	C45	0.5m	
8		自动断路器	DZ47-63/2P D15 DZ47-63/2P D10	1只 1只	
9		步进驱动器	YKA2404MC	1个	
10		两相混合式步进电动机	自定	1台	
11		12~40V直流电源	自定	1个	
12		直流5V电源	自定	1个	
13		按钮	LA4-2H	1只	
14		端子排	D-20	1根（20节）	
15		主令开关	LS2-2	1只	
16		电阻器	2K 1/4W	1只	
17		熔断器	RT28-32	2只	
18	耗材	铜塑线	BVR/1.5 MM2	10m	主电路
19		铜塑线	BVR/0.5 MM2	25m	控制电路
20		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
21		线槽	25mm×35mm	若干	
22		号码管		若干	

重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数，驱动器与步进电动机应相互匹配。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC的选型要合理，在满足要求下应尽量减少I/O的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

4）程序设计

重点提示

① 设计程序时应首先对特殊寄存器进行初始化设置。

② 在程序中为了保证步进电动机不失步，在改变转向时，应先使步进电动机处于停止状态。

③ 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

梯形图程序

步进电动机正反转控制的梯形图程序如图 2－16 所示。

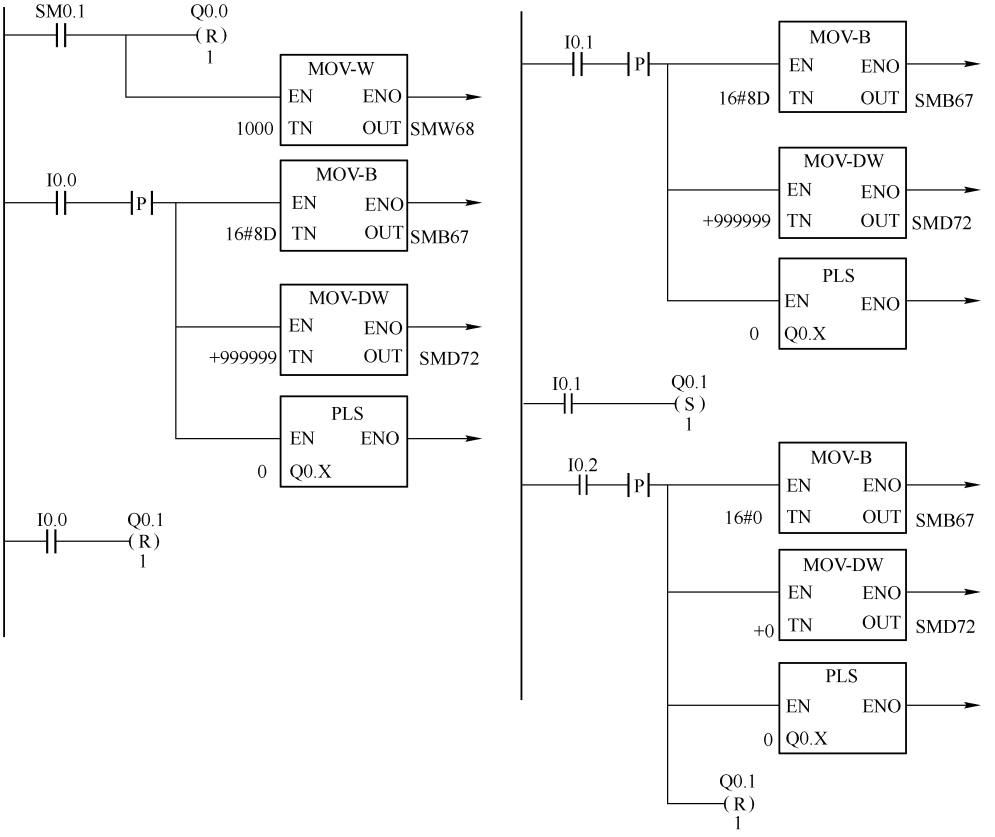


图 2－16　步进电动机正反转控制的梯形图程序

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序应符合控制要求。

③ 注意人身和设备的安全。

实例 48　PLC 控制变频器的正反转

实例控制要求

在一些机械生产设备中，经常用 PLC 来控制变频器，进而对电动机进行正反转控制。要求按下正向启动按钮 SB1，变频器控制电动机正向运转，正向启动时间为 7s，变频器的输出频率为 35Hz；按下反向启动按钮 SB2，变频器控制电动机反向运转，反向启动时间为 7s，变频器输出频率为 35Hz；按下停止按钮 SB3，变频器控制电动机在 8s 内停止运转。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本案例需要 3 个输入点，2 个输出点，如表 2-15 所示。

表 2-15　PLC 的 I/O 配置

输入设备		输入继电器	输出继电器	功　能
代　号	功　能			
SB1	正向启动按钮	I0.0	Q0.0	正向运行/停止
SB2	反向启动按钮	I0.1	Q0.1	反向运行/停止
SB3	停止按钮	I0.2		

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 2-17 所示。

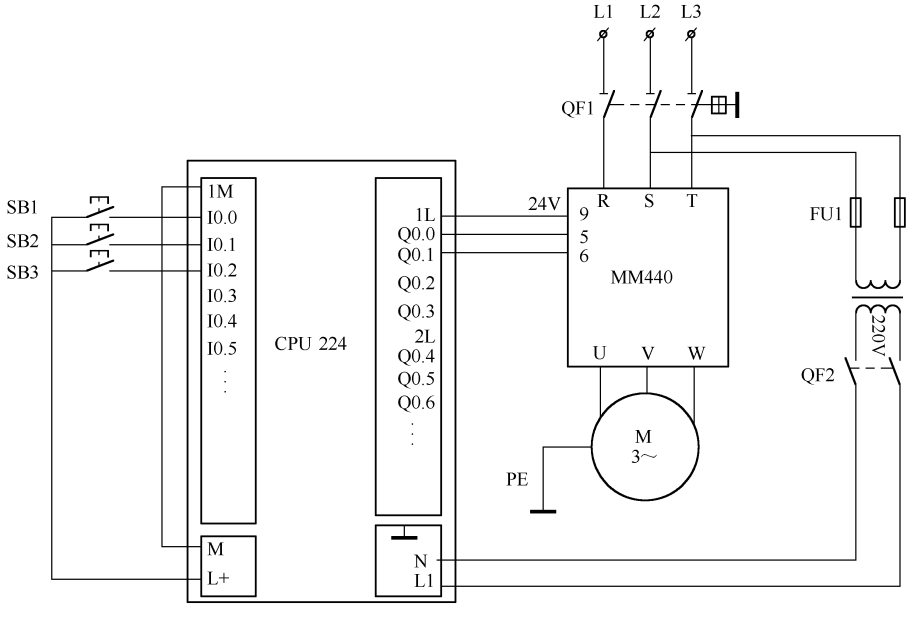


图 2-17　PLC 系统的接线原理图



重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。绘制的原理图要完整规范。

② PLC 输出可直接与变频器的控制端口连接，也可以驱动外部微型继电器（如 HH53P），再通过微型继电器的触点来控制变频器的控制端口。

③ 变频器电源输入端采用了无熔丝的自动断路器，其电动机侧也不需要安装接触器和热继电器。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2-16 所示。

表 2-16 材 料 清 单

序　号	分　类	名　称	型 号 规 格	数　量	备　注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7－200/224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7－200 编程软件	STEP 7－Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm×600mm	1 块	
7		导轨	C45	0.3m	
8		自动断路器	DZ47－63/3P D20 DZ47－63/2P D5	各 1 只	
9		熔断器	RT28－32	2 只	
10		变频器	MM40	1 台	
11		三相异步电动机	型号自定	1 台	
12		控制变压器	JBK3－100　380/220	1 只	
13		按钮	LA4－3H	1 个	
14		端子排	D－20	1 根（20 节）	
15	耗材	铜塑线	BVR/2.5 MM2	10m	主电路
16		铜塑线	BVR/1 MM2	25m	控制电路
17		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
18		线槽	25mm×35mm	若干	
19		号码管		若干	



重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

③ 对于 PLC 和变频器的接地，应按照规定和接地标准进行接地，应避免使用共同的接地线。

④ 当 PLC 与变频器安装于同一操作柜中时，应尽可能使 PLC 与变频器的电线分开。

⑤ 变频器控制线应尽量采用屏蔽线或双绞线，以提高抗干扰的能力。

⑥ 接线时一定要注意 R、S、T 接输入电源；U、V、W 接电动机。

4）程序设计与变频器参数的设置

重点提示

① 在程序中应注意 Q0.0 和 Q0.1 的软件互锁。

② 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

③ 在设置变频器参数前应先检查线路是否正确，然后接通电源进行参数初始化，恢复出厂值。

梯形图程序

电动机正反转控制线路的梯形图程序如图 2-18 所示。

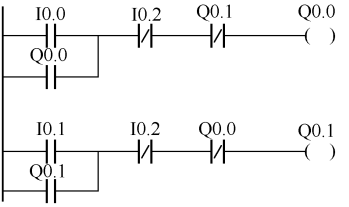


图 2-18　电动机正反转控制线路的梯形图程序

变频器参数的设置

变频器的操作步骤省略（可参照变频器的使用说明书），这里只列出需要设置的参数，如表 2-17 所示。

表 2-17　变频器参数的设置

参　数　号	出　厂　值	设　置　值	说　　明
P0003	1	1	设用户访问级为标准级
P0004	0	7	命令，二进制数 I/O
P0700	2	2	端子排输入
P0003	1	2	设用户访问级为扩展级
P0004	0	7	命令，二进制数 I/O
P0701	1	1	ON 接通正转，OFF 停止
P0702	1	2	ON 接通反转，OFF 停止

续表

参 数 号	出 厂 值	设 置 值	说 明
P0003	1	1	设用户访问级为标准级
P0004	0	10	设定值的通道和斜坡函数发生器
P1000	2	1	频率设定值为键盘设定值
P1080	0	0	电动机运行最低频率
P1082	50	50	电动机运行最高频率
P1120	10	7	斜坡上升时间
P1121	10	8	斜坡下降时间

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序应符合控制要求。

③ 注意人身和设备的安全。

实例 49 PLC 和 MM440 变频器联机控制电动机的三段速运转

实例控制要求

通过 S7－200PLC 和 MM440 变频器联机控制电动机的三段速运转。要求按下启动按钮 SB1 和第一段速按钮 SB3，电动机启动并运行在第一段速频率为 15Hz 的情况下；按下第二段速按钮 SB4，电动机运行在第二段速频率为 30Hz 的情况下；按下第三段速按钮 SB5，电动机运行在第三段速频率为 50Hz 的情况下；当按下停止按钮 SB2 后，变频器控制电动机在 8s 内停止运转。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本案例需要 5 个输入点，4 个输出点，如表 2－18 所示。

表 2－18 PLC 的 I/O 配置

输 入 设 备		输入继电器	输 出 设 备	
代 号	功 能		功 能	
SB1	启动按钮	I0.0	正向运行/停止	Q0.0:ON 运行，OFF 停止
SB2	停止按钮	I0.1	第一段速控制	Q0.1 ON 且 Q0.2 OFF
SB3	第一段速按钮	I0.2	第二段速控制	Q0.2 ON 且 Q0.1 OFF
SB4	第二段速按钮	I0.3	第三段速控制	Q0.1 0N 且 Q0.2 ON
SB5	第三段速按钮	I0.4		

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 2-19 所示。

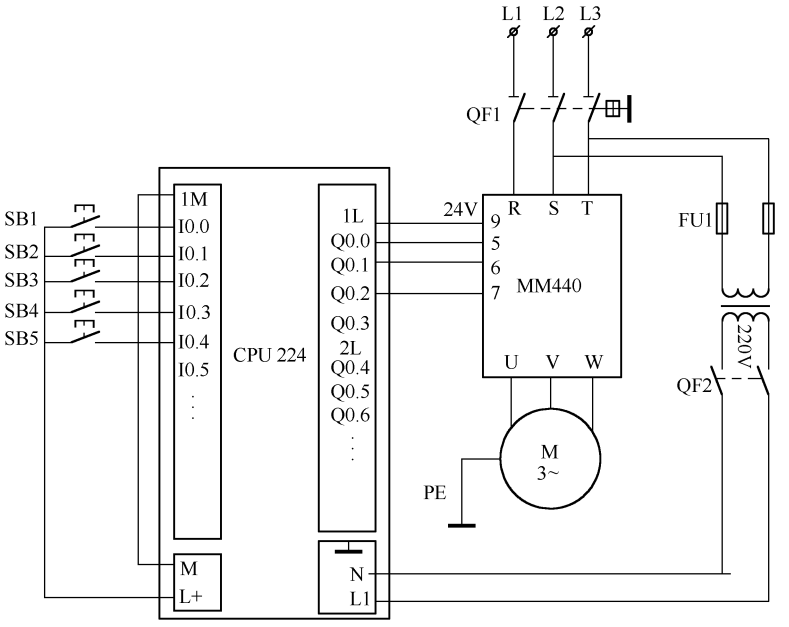


图 2-19 PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。绘制的原理图要完整规范。

② PLC 输出可直接与变频器的控制端口连接，也可以驱动外部微型继电器（如 HH53P），再通过微型继电器的触点来控制变频器的控制端口。

③ 变频器电源输入端采用了无熔丝的自动断路器。电动机侧也不需要安装接触器和热继电器。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2-19 所示。

表 2-19 材 料 清 单

序 号	分 类	名 称	型号规格	数 量	备 注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7 - 200/224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7 - 200 编程软件	STEP 7 - Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm × 600mm	1 块	
7		导轨	C45	0.3m	

续表

序　号	分　类	名　称	型号规格	数　量	备　注
8	器材	自动断路器	DZ47－63/3P D20 DZ47－63/2P D5	各1只	
9		熔断器	RT28－32	2只	
10		变频器	MM440	1台	
11		三相异步电动机	型号自定	1台	
12		控制变压器	JBK3－100　380/220	1只	
13		按钮	LA4－3H	2个	
14		端子排	D－20	1根（20节）	
15	耗材	铜塑线	BVR/2.5 MM2	10m	主电路
16		铜塑线	BVR/1 MM2	25m	控制电路
17		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
18		线槽	25mm×35mm	若干	
19		号码管		若干	

重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数。
② 检测元器件的质量好坏。
③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。
② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。
③ 对于 PLC 和变频器的接地，应按照规定和接地标准进行接地。应避免使用共同的接地线。
④ 当 PLC 与变频器安装于同一操作柜中时，应尽可能使 PLC 与变频器的电线分开。
⑤ 变频器控制线应尽量采用屏蔽线或双绞线，以提高抗干扰的能力。
⑥ 接线时一定要注意 R、S、T 接输入电源；U、V、W 接电动机。

4）程序设计与变频器参数的设置

重点提示

① 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。
② 设置变频器参数前应先检查线路是否正确，然后接通电源进行参数初始化，恢复出厂值。

梯形图程序

电动机三段速控制的梯形图程序如图 2-20 所示。

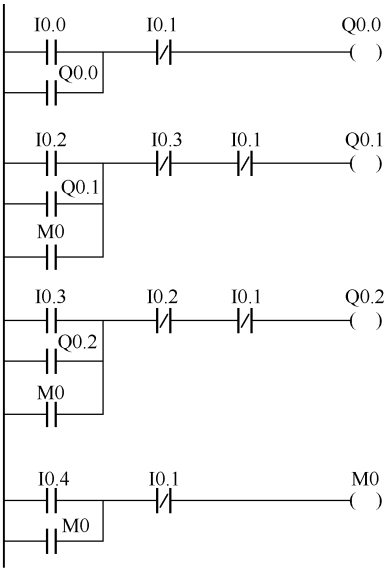


图 2-20　电动机三段速控制的梯形图程序

变频器参数的设置

变频器的操作步骤省略（可参照变频器的使用说明书），这里只列出需要设置的参数，如表 2-20 所示。

表 2-20　变频器参数的设置

参　数　号	出　厂　值	设　置　值	说　　明
P0003	1	1	设用户访问级为标准级
P0004	0	7	命令，二进制数 I/O
P0700	2	2	端子排输入
P0003	1	2	设用户访问级为扩展级
P0004	0	7	命令，二进制数 I/O
P0701	1	1	ON 接通正转，OFF 接通停止
P0702	1	17	选择固定频率
P0703	1	17	选择固定频率
P0003	1	1	设用户访问级为标准级
P0004	0	10	设定值通道和斜坡函数发生器
P1000	2	3	选择固定频率设定值
P0003	1	2	设用户访问级为扩展级
P0004	0	10	设定值通道和斜坡函数发生器
P1001	0	15	设置固定频率 1
P1002	5	30	设置固定频率 2
P1003	10	50	设置固定频率 3

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。
② 调试程序应符合控制要求。
③ 注意人身和设备的安全。

实例 50　基于 PLC 通信控制的变频器开环调速

实例控制要求

利用 S7－200 PLC 通过 USS 通信协议来控制西门子 MM420 变频器，要求实现电动机正反转控制，并能自动加减速，且停车时可采用自由停车和快速停车两种形式。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本案例需要 7 个输入点，1 个通信端口，如表 2-21 所示。

表 2-21　PLC 的 I/O 配置

输入设备		输入继电器	输入设备		输入继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	启动按钮	I0.0	SB5	运转方向控制	I0.4
SB2	停止按钮	I0.1	SB6	加速按钮	I0.5
SB3	快速停止按钮	I0.2	SB7	减速按钮	I0.6
SB4	故障清除	I0.3			
输出继电器				通信端口	
Q0.1	运行指示	Q0.3	变频器禁止位状态	PORT 0	
Q0.2	正反指示	Q0.4	变频器故障位指示		

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 2-21 所示。

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。绘制的原理图要完整规范。

② 变频器电源输入端采用了无熔丝的自动断路器。电动机侧也不需要安装接触器和热继电器。

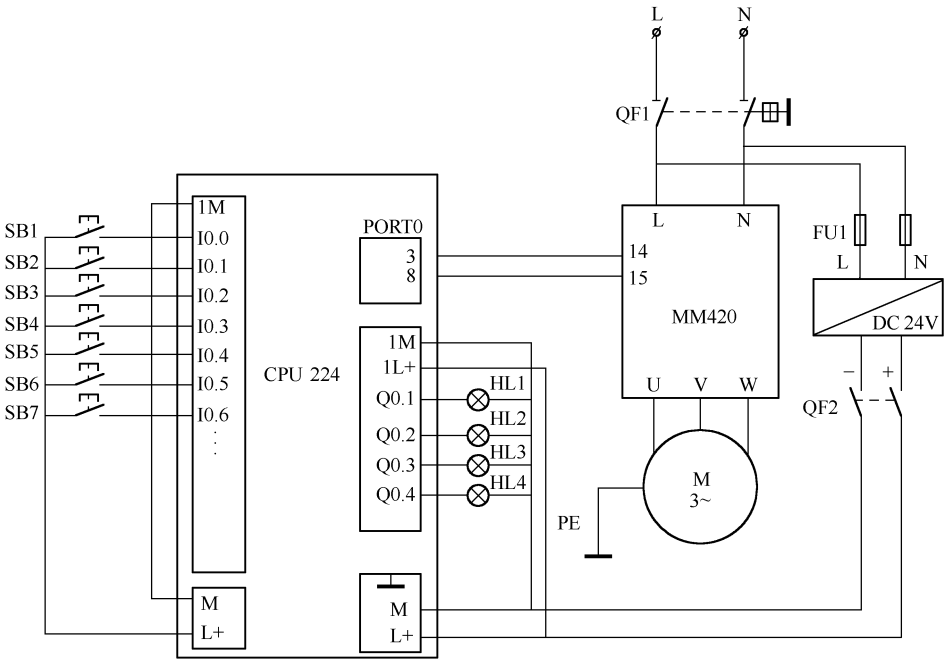


图 2-21 PLC 系统的接线原理图

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2-22 所示。

表 2-22 材 料 清 单

序 号	分 类	名 称	型 号 规 格	数 量	备 注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7 - 200 CPU 224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7 - 200 编程软件	STEP 7 - Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm × 600mm	1 块	
7		导轨	C45	0.3m	
8		自动断路器	DZ47 - 63/2P D20 DZ47 - 63/2P D5	各 1 只	
9		熔断器	RT28 - 32	2 只	
10		变频器	MM420	1 台	
11		三相异步电动机	型号自定	1 台	
12		24V 开关电源	型号自定	1 个	
13		按钮	LA4 - 3H	3 个	
14		端子排	D - 20	1 根（20 节）	

续表

序　号	分　类	名　称	型号规格	数　量	备　注
15	耗材	铜塑线	BVR/2.5 MM2	10m	主电路
16		铜塑线	BVR/1 MM2	25m	控制电路
17		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
18		线槽	25mm×35mm	若干	
19		号码管		若干	

重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

③ 对于 PLC 和变频器的接地，应按照规定和接地标准进行接地。应避免使用共同的接地线。

④ 当 PLC 与变频器安装于同一操作柜中时，应尽可能使 PLC 与变频器的电线分开。

⑤ 变频器控制线应尽量采用屏蔽线或双绞线，以提高抗干扰的能力。

⑥ 接线时一定要注意 L/N 接单相输入电源；U、V、W 接电动机。

4）程序设计与变频器参数的设置

重点提示

① USS 通信协议是西门子 Micro Master 变频器与 PLC 之间的协议，在使用 USS 指令之前，应先给编程软件添加 USS 协议库，然后就可以对驱动器进行控制并读写参数了。

② 使用 USS 通信协议时，在本实例程序中需用到 USS_INIT 和 USS_CTRL 两条指令。

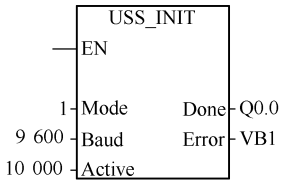


图 2-22　USS_INIT 指令

a. USS_INIT 指令，用于初始化或改变 USS 的通信参数，如图 2-22 所示。

在实际应用中一般需采用边沿触发指令或特殊继电器 SM0.1，在一个扫描周期内使 EN 有效，从而来激活该指令。

“Mode”可用于选择不同的通信协议：当其输入值为 1 时，应指定 Port 0 为 USS 协议并使能该协议；当其输入值为 0 时，应指定 Port 为 PPI 并且禁止 USS 协议，本实例设置为 1。

“Baud”用于设置波特率：一般可设置为 1 200，2 400，4 800，9 600，19 200，38 400，57 600 或115 200，本实例设置为 9 600。

“Active”指示哪个驱动号激活：此参数所要激活的变频器的站点号可以是单台，也可以是多台，但不能超过 32 台。本实例中会激活 16 号变频器，其设定值为 10 000。其站点号的具体计算如表 2-23 所示。

表 2-23　站点号的计算表

D31	D30	D29	D28	…	D19	D18	D17	D16	…	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	…	0	0	0	1	…	0	0	0	0

在表 2-23 中，D0 ~ D31 代表有 32 台变频器，如果激活哪台变频器，就使该位置 1，本实例激活了 16 号变频器，故将其设置为了 00010000（此格式为十六进制数，四位为一组）。

“Done”用于指示指令执行情况，指令执行完毕后，此位置 1。

“Error”用于生成一个含有指令执行情况信息的一字节。

b. USS_CTRL 指令，用于控制激活 Micro Master 变频器，如图 2-23 所示。

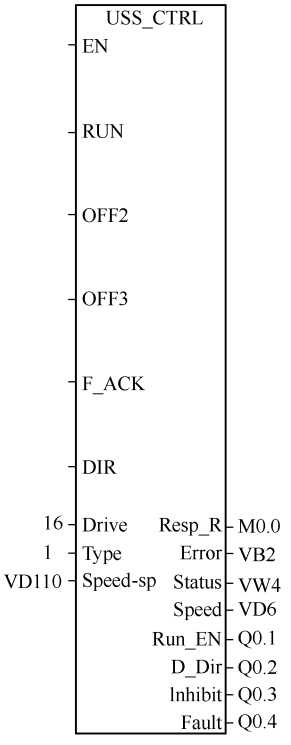


图 2-23　USS - CTRL 指令

“EN”必须始终保持接通，以启动 USS_CTRL 指令。在实际应用中可采用 SM0.0 触点。

“RUN”用于指示变频器是接通（1）或是断开（0）。当“RUN”位接通时，Micro Master 变频器收到一个命令，以指定的速度和方向运行。为了使变频器运行，必须满足以下条件。

- 该变频器必须在 USS_INIT 中激活。
- 输入参数 OFF2 和 OFF3 必须设定为 0。
- 输出参数 Fault 和 Inhibit 必须为 0。

当“RUN”位断开时，则发送给 Micro Master 变频器一个命令，电动机降速直至停止。OFF2 位用来允许 Micro Master 变频器斜坡减至停止。OFF3 位用来命令 Micro Master 变频器快速停止。

“F_ACK”用来确定一个故障。当该位从 0 变为 1 时，变频器清除故障，Fault 位恢复为 0。

“DIR”用来设置变频器的运动方向。0 为逆时针方向；1 为顺时针方向。

“Drive”是通过 USS_CTRL 命令来指定变频器地址的，有效地址为 0 ~ 31。

“Type”表示变频器类型：3 系列为 0；4 系列为 1。

“Speed-sp”是速度设定值，用全速度的百分比表示，其范围是 - 200% ~ 200%，该值为负时表示变频器反方向旋转。

“Resp_R”是从站应答确认信号。主站从 USS 从站收到有效的数据后，此位将为“1”，由此便接通一个程序扫描周期，并更新以下的所有数据。

“Error”是一个错误代码。0 表示无出错。其他错误代码请参考 Status 驱动装置的状态字。此状态字直接来自变频器的状态字，表示了当时的实际运行状态。详细的状态字信息请参考相应的变频器手册。

“Status”是变频器返回的状态字的原始值。

“Speed”是变频器返回的实际运转速度值，为实数。

“Run_EN”是运行状态指示，表示运行为 1，表示停止为 0。

“ D_Dir”指示变频器的运转方向。

“Inhibit”表示变频器禁止位的状态指示（0 表示未禁止，1 表示禁止状态）。在禁止状态下，变频器无法运行。要清除禁止状态，故障位必须复位，并且 RUN、OFF2 和 OFF3 必须都为 0 。

“Fault”为故障指示位（0 表示无故障，1 表示有故障）。当驱动装置处于故障状态时，驱动装置上会显示故障代码（如果有显示装置）。要复位故障报警状态，必须先消除引起故障的原因，然后用 F_ACK 或者变频器的端子或操作面板复位故障状态。

③ 使用 USS 协议的步骤如下所示。

a. 安装指令库后在 STEP7－Micro/win32 指令树的/指令/库/USS PROTOOL 文件夹中将出现 8 条指令，可用它们来控制变频器的运行和变频器参数的读/写操作。这些子程序是西门子公司开发的，用户不需要关注这些指令的内部结构，只需要在程序中调用即可。

b. 调用 USS_INIT 初始化改变 USS 的通信参数，调用一次即可。在用户程序中每一个被激活的变频器只能使用一条 USS_CTRL 指令。

c. 为 USS 指令库分配 V 存储区。在用户程序中调用 USS 指令后，用鼠标单击指令树中的程序块图标，在弹出的菜单中执行库内存命令，为 USS 指令库使用的 397 字节的 V 存储区指定起始地址。注意：USS 指令库中指定了 V 存储区的范围，因此在程序中就不能再使用这些 V 地址了。

d. 用变频器的操作面板设置变频器的通信参数，使之与用户程序中所用的波特率和从站地址相一致。

e. 连接 CPU 和变频器之间的通信电缆。为了提高抗干扰能力，最好采用屏蔽电缆。其一端是 D 型 9 针阳性插头，连接在 PORT 0 端口上，另一端接在变频器的 14 引脚和 15 引脚上。



梯形图程序

变频器 USS 通信开环控制的梯形图程序如图 2－24 所示。

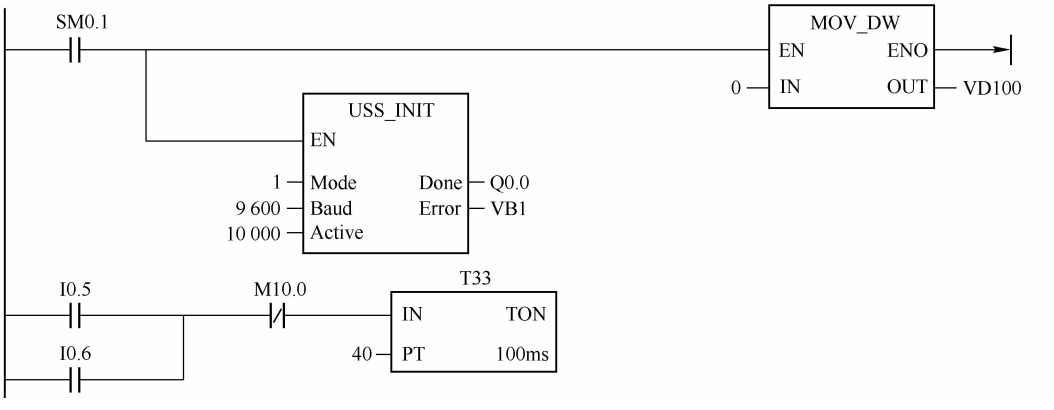


图 2－24 变频器 USS 通信开环控制的梯形图程序

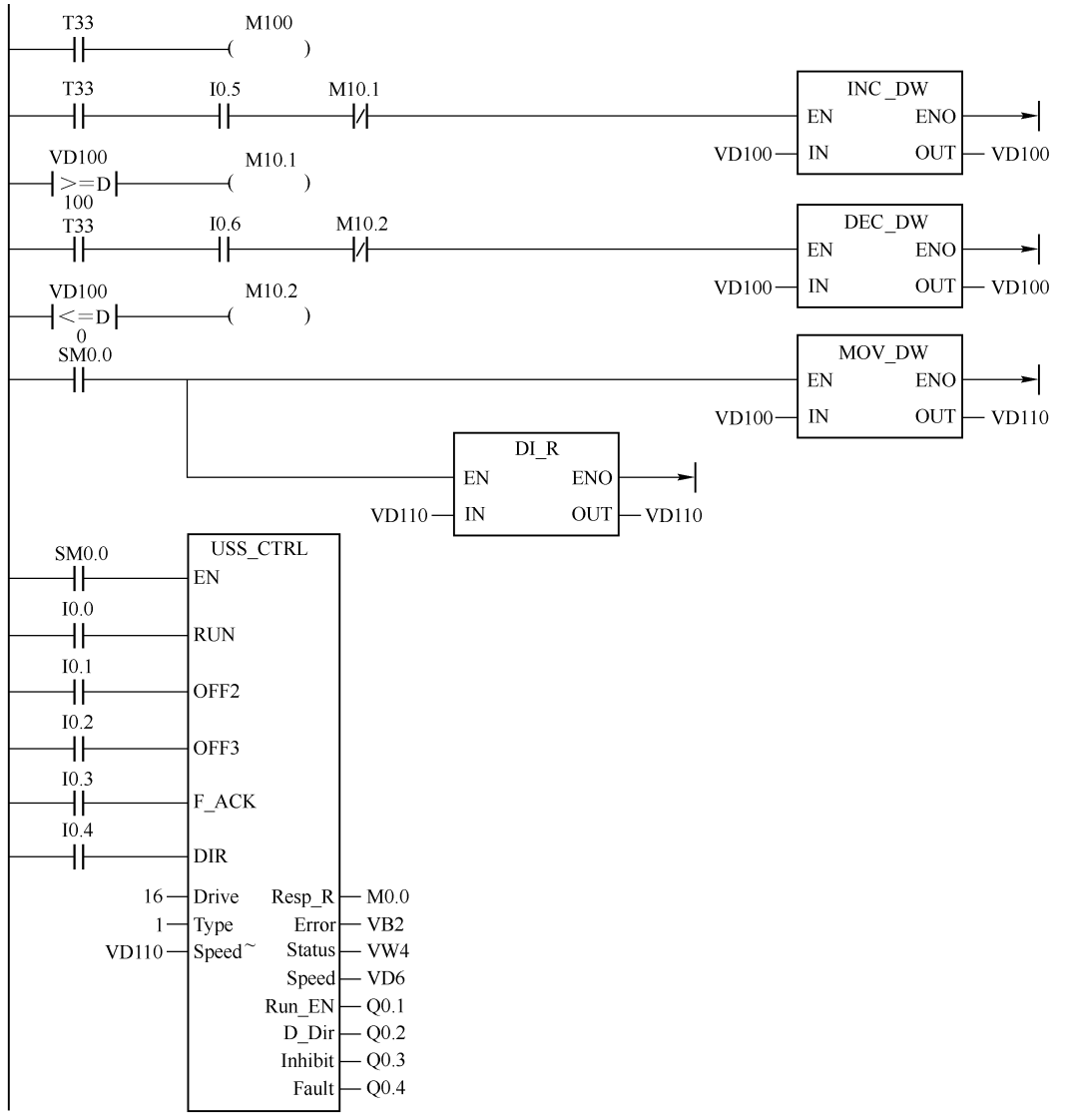


图 2-24　变频器 USS 通信开环控制的梯形图程序（续）

变频器参数的设置

变频器的操作步骤省略（可参照变频器的使用说明书），这里只列出需要设置的参数，如表 2-24 所示。设置变频器参数前应先检查线路是否正确，然后接通电源进行参数初始化，恢复出厂值。

表 2-24　变频器参数的设置

参　数　号	出　厂　值	设　置　值	说　　明
P0010	0	30	恢复出厂值
P970	0	1	
P0003	1	1	设用户访问级为标准级
P0700	2	5	通过 COM 链路的 USS 设置

续表

参 数 号	出 厂 值	设 置 值	说 明
P1000	2	5	频率选择通过 COM 链路的 USS 设置
P0003	1	2	设用户访问级为扩展级
P2010	6	6	USS 波特率为 9 600
P2011	0	16	站点号
P2000	1	50Hz	设置串行连接参考频率
P2009	0	1	允许 USS 规格化
P0003	1	1	设用户访问级为标准级

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试运行程序时，SB1 应始终闭合，整个程序应符合控制要求。

③ 注意人身和设备的安全。

实例 51 基于 PLC 通信控制的变频器闭环定位控制

实例控制要求

要求利用 S7－200 PLC 通过 USS 通信协议来控制西门子 MM420 变频器，利用编码器的反馈脉冲来实现电动机的闭环定位控制。在程序中设定电动机运行的圈数，当电动机运行时，由同轴编码器输出脉冲到 PLC 的高速计数器中，当脉冲值达到设定值时，PLC 控制变频器输出短暂的直流电压并加在电动机上，电动机锁定运行，从而实现精确定位。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本案例需要 2 个输入点，一个通信端口，如表 2-25 所示。

表 2-25 PLC 的 I/O 配置

输 入 设 备		输入继电器	通 信 端 口	
代 号	功 能		PLC 通信端口	变频器 RS－485
	旋转编码器 A 相高速脉冲输入	I0.1	PORT 0	14 引脚与 15 引脚
SB1	启动按钮	I0.2		

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 2-25 所示。

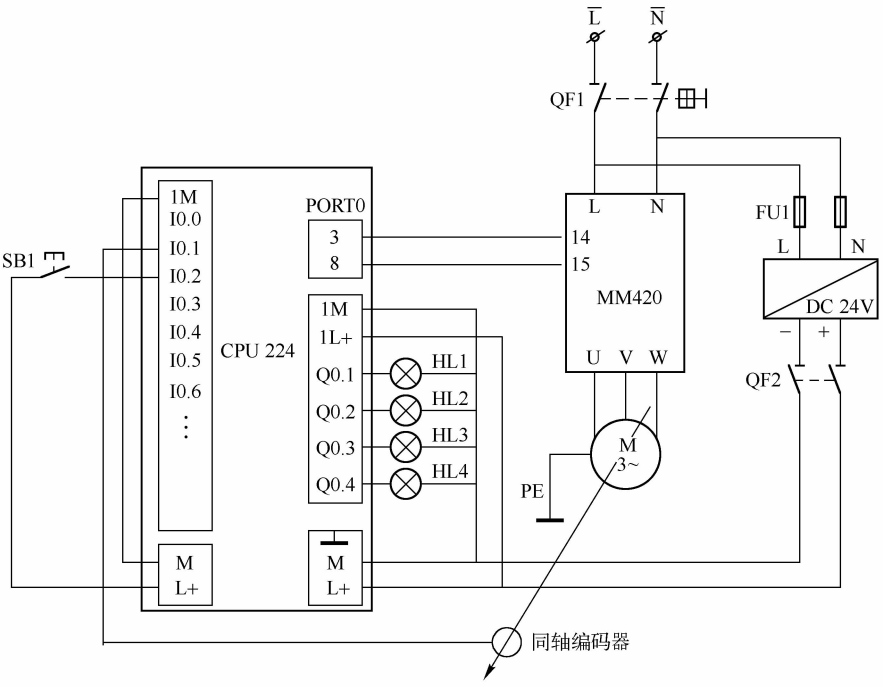


图 2-25　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。绘制的原理图要完整规范。

② 变频器电源输入端采用了无熔丝的自动断路器。电动机侧也不需要安装接触器和热继电器。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 2-26 所示。

表 2-26　材 料 清 单

序　号	分　类	名　称	型 号 规 格	数　量	备　注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7 - 200 CPU 224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7 - 200 编程软件	STEP 7 - Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm × 600mm	1 块	
7		导轨	C45	0.3m	
8		自动断路器	DZ47 - 63/2P D20 DZ47 - 63/2P D5	各 1 只	

续表

序　号	分　类	名　称	型号规格	数　量	备　注
9	器材	熔断器	RT28－32	2 只	
10		变频器	MM420	1 台	
11		三相异步电动机	型号自定	1 台	
12		编码器	型号自定	1 个	
13		24V 开关电源	型号自定	1 个	
14		按钮	LA4－3H	3 个	
15		端子排	D－20	1 根（20 节）	
16	耗材	铜塑线	BVR/2.5 MM2	10m	主电路
17		铜塑线	BVR/1 MM2	25m	控制电路
18		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
19		线槽	25mm×35mm	若干	
20		号码管		若干	

重点提示

① 选择元件时，主要应考虑元件的数量、型号及额定参数。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

③ 对于 PLC 和变频器的接地，应按照规定和接地标准进行接地。应避免使用共同的接地线。

④ 当 PLC 与变频器安装于同一操作柜中时，应尽可能使 PLC 与变频器的电线分开。

⑤ 变频器控制线应尽量采用屏蔽线或双绞线，以提高抗干扰的能力。

⑥ 变频器接线时一定要注意 L/N 接单相输入电源；U、V、W 接电动机。

⑦ 编码器应和电动机同轴连接，脉冲输出信号应接到 PLC 的 I0.1 高速计数器输入端上。

4）程序设计与变频器参数的设置

重点提示

① 应正确编制简捷、易读的梯形图。

② 在如图 2-26 所示的梯形图中，高速计数器子程序 HSC_INIT 和中断程序 COUNT_EQ 是通过高速计数器的指令向导生成的。本实例中的高速计数器选择的是 HSC3，其工作模式为 0。

③ USS 协议的使用方法、步骤参考实例 50。

如图 2-26 所示为变频器 USS 通信闭环定位控制的梯形图程序。

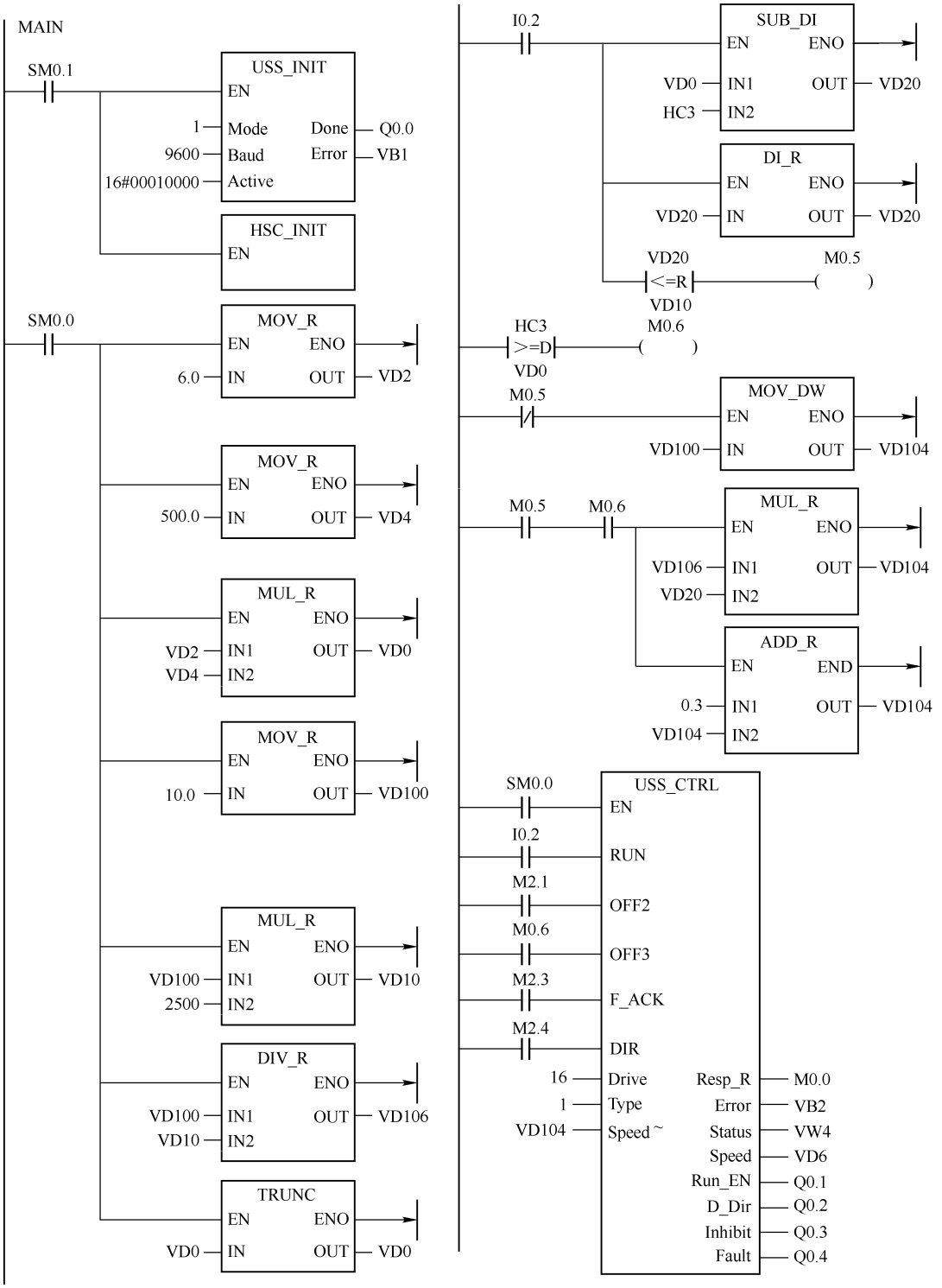


图 2-26　变频器 USS 通信闭环定位控制的梯形图程序

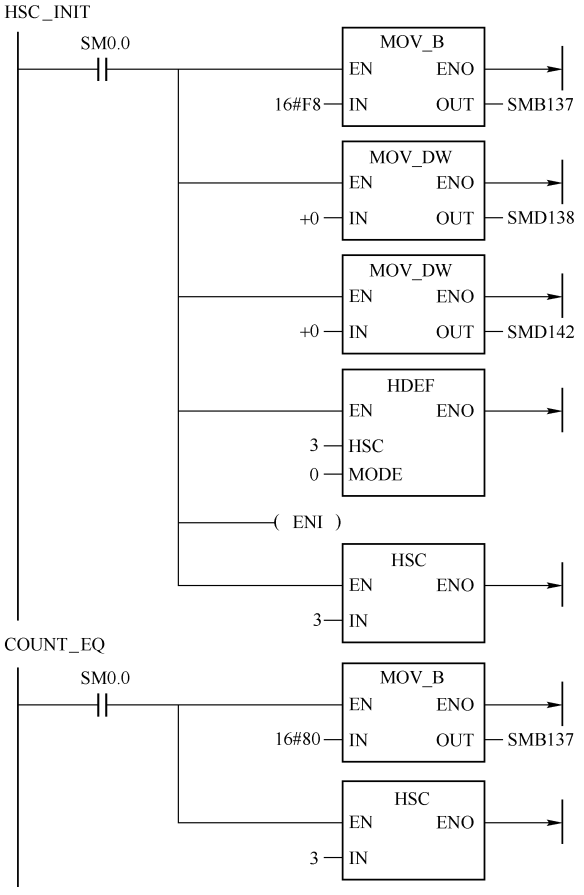


图 2－26　变频器 USS 通信闭环定位控制的梯形图程序（续）



变频器参数的设置

变频器的操作步骤省略（可参照变频器的使用说明书），这里只列出需要设置的参数，如表 2－27 所示。设置变频器参数前应先检查线路是否正确，然后接通电源进行参数初始化，恢复出厂值。

表 2－27　变频器参数的设置

参　数　号	出　厂　值	设　置　值	说　　明
P0010	0	30	恢复出厂值
P970	0	1	
P0003	1	3	设用户访问专家级参数
P0700	2	5	通过 COM 链路的 USS 进行设置
P0003	1	2	设用户访问级为扩展级
P2010	3	6	USS 波特率为 9 600
P2011	0	16	站点号
P2000	1	50Hz	设置串行连接参考频率
P2009	0	1	允许 USS 规格化
P1000	2	5	频率选择通过 COM 链路的 USS 进行设置
P1135	5.00	0	OFF3 命令停止时间
P1232	100	150	直流制动电流大小
P1233	0	1	直流电流制动持续时间

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。



重点提示

① 通电前应检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试运行程序时，SB1 应始终闭合，整个程序应符合控制要求。

③ 注意人身和设备的安全。

第3篇 工 程 篇

实例 52　CA6140 车床的 PLC 控制



实例控制要求

CA6140 车床共有 3 台电动机，其对应功能分别如下所示。

主轴电动机 M1：带动主轴旋转和刀架做进给运动，由交流接触器 KM1 控制。其热继电器 FR1 用做过载保护，FU1 及断路器 QF1 用做短路保护。

冷却泵电动机 M2：输送切削液，由交流接触器 KM2 控制。其热继电器 FR2 用做过载保护，FU2 用做短路保护。

刀架快速移动电动机 M3：拖动刀架的快速移动，由交流接触器 KM3 控制，由于刀架移动是短时工作，故用点动控制。它未设过载保护，FU2 兼做短路保护。

CA6140 车床的辅助控制有刻度照明灯、照明灯。



实例解决方案

1）I/O 的分配

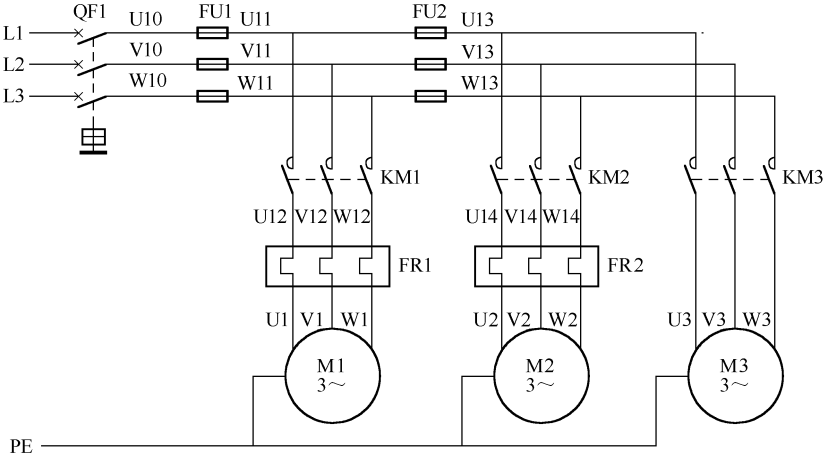
根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 10 个输入点，6 个输出点，如表 3-1 所示。

表 3-1　PLC 的 I/O 配置

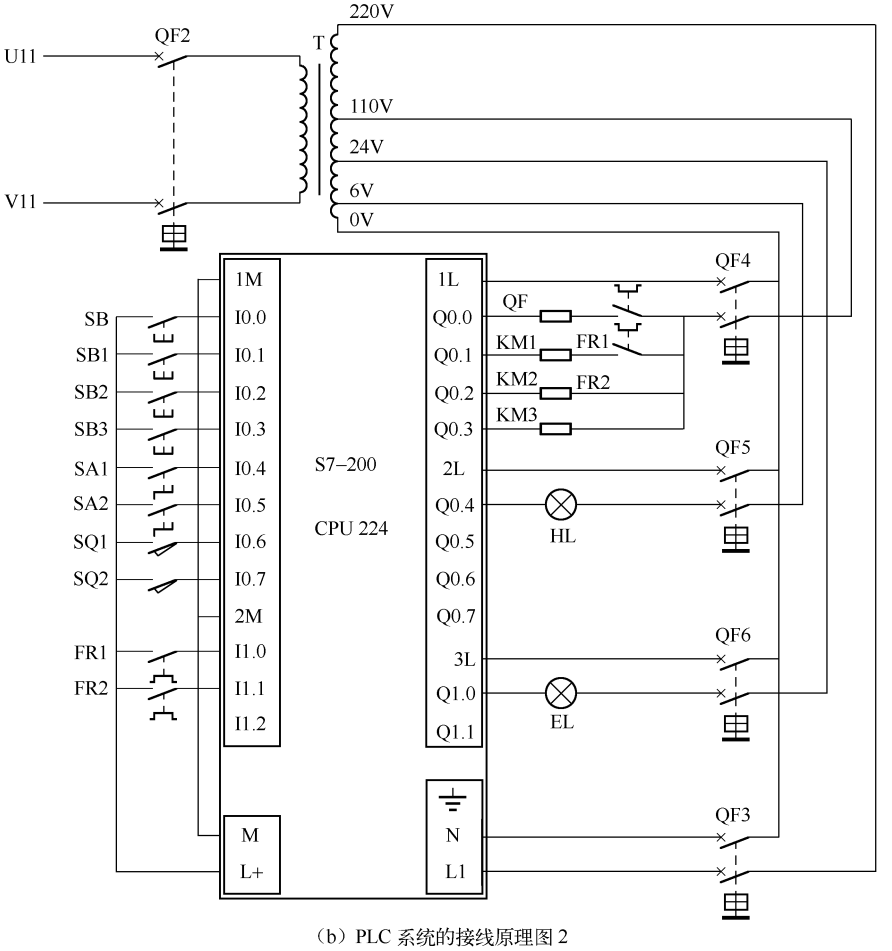
输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB	钥匙开关	I0.0	QF	QF 的线圈	Q0.0
SB1	停止 M1	I0.1	KM1	控制 M1	Q0.1
SB2	启动 M1	I0.2	KM2	控制 M2	Q0.2
SB3	启动 M3	I0.3	KM3	控制 M3	Q0.3
SA1	控制 M2	I0.4	HL	刻度照明	Q0.4
SA2	照明灯开关	I0.5	EL	工作照明	Q1.0
SQ1	皮带罩防护开关	I0.6			
SQ2	电气箱防护开关	I0.7			
FR1	M1 过载保护	I1.0			
FR2	M2 过载保护	I1.1			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 3-1 所示。



（a）PLC 系统的接线原理图 1



（b）PLC 系统的接线原理图 2

图 3-1　PLC 系统的接线原理图



重点提示

① 设计电路原理图时，应充分理解控制要求，做到原理设计合理、功能完善并符合实际设备的要求。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压为 110V，24V，6V。

③ 为了保证控制功能的合理性和可靠性，在输入硬接线时，应将热继电器 FR1 和 FR2 的常开触头作为控制信号接入 PLC 中；在输出硬接线时，应将热继电器 FR1 和 FR2 的常闭触头串接在各线圈的回路中。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 3-2 所示。

表 3-2 材 料 清 单

序 号	分 类	名 称	型 号 规 格	数 量	备 注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7－200/224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7－200 编程软件	STEP 7－Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm×600mm	1 块	
7		导轨	C45	2 米	
8		断路器	AM2-40，20A	1 只	
9			DZ47－63/2P 3A	4 个	
10			DZ47－63/2P 6A	1 个	
11		交流接触器	CJX1－32 线圈电压 110V	1 个	
12			CJX1－9 线圈电压 110V	2 个	
13		热继电器	JRS1－09/25 15.4A	1 个	
14			JRS1－09/25 0.32A	1 个	
15		按钮	LAY3	2 个	
16			LAY3－01ZS/1	1 个	
17			LA9	1 个	
18		钥匙开关	LAY3－01Y/2	1 个	
19		位置开关	JWM6－11	2 只	
20		端子排	TB－2020	1 根（20 节）	
21		控制变压器	JBK3－100 380/220、110、24、6	1 只	
22		信号灯	ZSD－0 6V	1 只	
23		机床照明灯	JC11	1 只	
24		熔断器	RT14－32 20A，6A	6 只	
25	耗材	铜塑线	BVR/2.5 mm^2	20m	主电路
26			BVR/0.5 mm^2	30m	控制电路
27		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
28		线槽	25mm×35mm	若干	
29		号码管		若干	

重点提示

① 选择电器元件时，要根据设备的操作任务和操作方式确定所需元件，并考虑元件的数量、型号、额定参数和安装要求。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

③ I/O 线和动力线应分开走线，并保持距离。数字量信号一般采用普通电缆就可以了；模拟信号线和高速信号线应采用屏蔽电缆，并做好接地。

④ 安装 PLC 时应远离强干扰源，并可靠地接地，最好和强电的接地装置分开。接地线的截面积应大于 $2mm^2$，接地点与 PLC 的距离应小于 50cm。

4）程序设计

重点提示

① 程序设计要合理，且不改变原来的操作习惯和顺序。

② 程序实现应保持机床原有的功能不变。

③ 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

梯形图程序

CA6140 车床的 PLC 梯形图程序如图 3-2 所示。

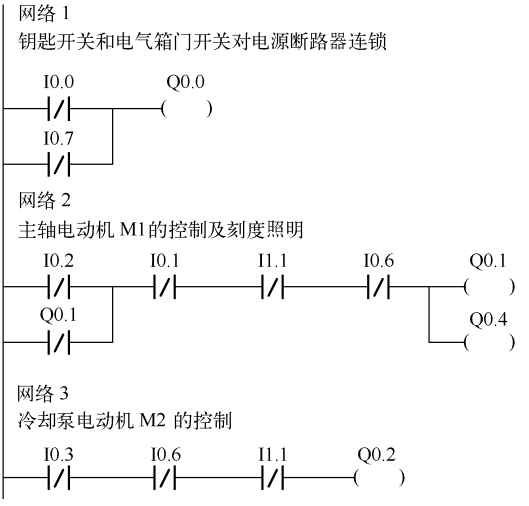


图 3-2 CA6140 车床的 PLC 梯形图程序

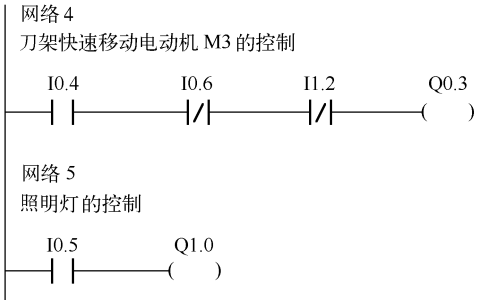


图 3-2 CA6140 车床的 PLC 梯形图程序（续）

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应使用万用表检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序应先对程序进行模拟调试。应对系统各种工作要求和方式进行逐一检查，不能遗漏，直到符合控制要求为止。

③ 在现场调试中，接入实际的信号和负载时，应充分考虑各种可能的情况，做到认真、仔细、全面地完成现场调试。

④ 注意人身和设备的安全。

实例 53 Z3040 摇臂钻床的 PLC 控制

实例控制要求

摇臂钻床是利用旋转的钻头对工件进行加工的，它由底座、立柱、摇臂、主轴箱和工作台等组成。主轴箱固定在摇臂上，可以沿摇臂径向运动。摇臂既可以借助于丝杠做升降运动，也可以与外立柱固定在一起，沿内立柱旋转。钻削加工时，应通过夹紧机构将主轴箱紧固在摇臂上，再将摇臂紧固在立柱上。

Z3040 摇臂钻床共有 4 台电动机，其功能分别如下所示。

主轴电动机 M1：提供主轴旋转的动力，由交流接触器 KM1 控制其单向运转。其热继电器 FR1 用做过载保护，断路器 QF1 兼做短路保护。

摇臂升降电动机 M2：提供摇臂升降的动力，由交流接触器 KM2 和 KM3 控制其正反转，用于间歇工作。它未设过载保护，断路器 QF3 用做短路保护。

液压泵电动机 M3：提供液压油，用于摇臂、立柱、主轴箱的夹紧和松开，由交流接触器 KM4 和 KM5 控制其正反转。其热继电器 FR3 用做过载保护，断路器 QF3 用做短路保护。

冷却泵电动机 M4：输送冷却液，由断路器 QF2 控制并兼做过载保护。

Z3040 摇臂钻床的辅助控制有主轴运转指示灯、照明灯、电源指示。

实例解决方案

1）I/O 的分配

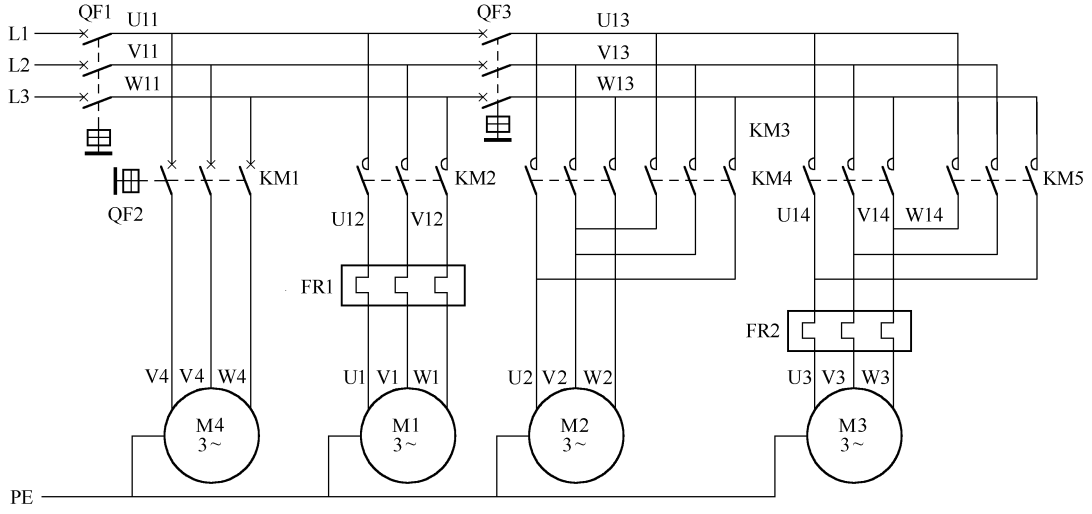
根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 12 个输入点，6 个输出点，如表 3-3 所示。

表 3-3　PLC 的 I/O 配置

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		代　号	功　能	
SB1	主轴电动机 M1 停止	I0.0	KM1	控制 M1	Q0.0
SB2	主轴电动机 M1 启动	I0.1	KM2	控制 M2 正转	Q0.1
SB3	摇臂上升按钮	I0.2	KM3	控制 M2 反转	Q0.2
SB4	摇臂下降按钮	I0.3	KM4	控制 M3 正转	Q0.3
SB5	松开控制按钮	I0.4	KM5	控制 M3 反转	Q0.4
SB6	夹紧控制按钮	I0.5	YA	液压控制电磁阀	Q0.5
SQ1	摇臂上升限位	I0.6			
SQ2	摇臂下降限位	I0.7			
SQ3	摇臂松开限位	I1.0			
SQ4	摇臂夹紧限位	I1.1			
FR1	M1 过载保护	I1.2			
FR2	M3 过载保护	I1.3			

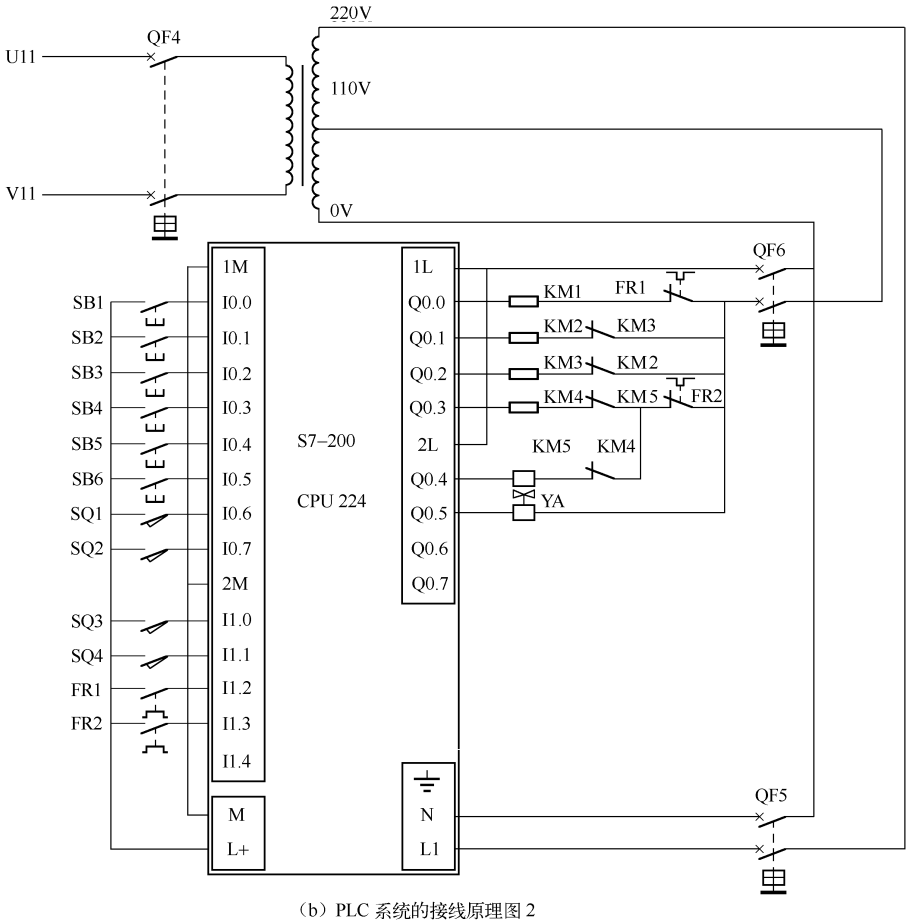
2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 3-3 所示。



（a）PLC 系统的接线原理图 1

图 3-3　PLC 系统的接线原理图



（b）PLC 系统的接线原理图 2

图 3－3　PLC 系统的接线原理图（续）

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备互锁电路。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压为 110V，24V，6V。

③ 为了保证控制功能的合理性和可靠性，在输入硬接线时，应将热继电器 FR1 和 FR2 的常开触头作为控制信号接入 PLC 中；在输出硬接线时，应将热继电器 FR1 和 FR2 的常闭触头串接在各线圈的回路中。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 3－4 所示。

重点提示

① 选择电器元件时，要根据设备的操作任务和操作方式确定所需元件，并考虑元件的数量、型号、额定参数和安装要求。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

表 3-4 材 料 清 单

序 号	分 类	名 称	型号规格	数 量	备 注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7 - 200/224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7 - 200 编程软件	STEP 7 - Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	600mm × 800mm	1 块	
7		导轨	C45	3m	
8		断路器	DZ15 - 40，20A	1 只	
9		断路器	DZ15 - 40，10A	2 个	
10		断路器	DZ47 - 63/2P 3A	3 个	
11		交流接触器	CJX1 - 16 线圈电压 110V	1 个	
12		交流接触器	CJX1 - 9 线圈电压 110V	4 个	
13		热继电器	JRS1 - 09/25 8A	1 个	
14		热继电器	JRS1 - 09/25 2A	1 个	
15		按钮	LAY3 - 11	5 个	
16		按钮	LAY3 - 01ZS/1	1 个	
17		交流电磁铁	MFJ1 - 3，线圈 110V	1 个	
18		万能转换开关	LW6 - 2/8071	1 个	
19		位置开关	JWM6 - 11	1 只	
20		组合开关	HZ4 - 22	1 只	
21		位置开关	LX5 - 11	1 只	
22		端子排	TB - 2020	2 根（40 节）	
23		控制变压器	JBK3 - 150 380/220、110、24、6	1 只	
24	耗材	铜塑线	BVR/2.5mm^2	30m	主电路
25		铜塑线	BVR/0.5mm^2	40m	控制电路
26		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
27		线槽	25mm × 35mm	若干	
28		号码管		若干	

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

③ I/O 线和动力线应分开走线，并保持距离。数字量信号一般采用普通电缆就可以了；模拟信号线和高速信号线应采用屏蔽电缆，并做好接地。

④ PLC 应远离强干扰源，并可靠地接地，最好和强电的接地装置分开。接地线的截面积应大于 2mm^2，接地点与 PLC 的距离应小于 50cm。

4）程序设计

重点提示

① 程序设计要合理，且不改变原来的操作习惯和顺序。

② 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

③ 程序的实现应保持机床原有的功能不变。

梯形图程序

Z3040 摇臂钻床的 PLC 梯形图程序如图 3-4 所示。

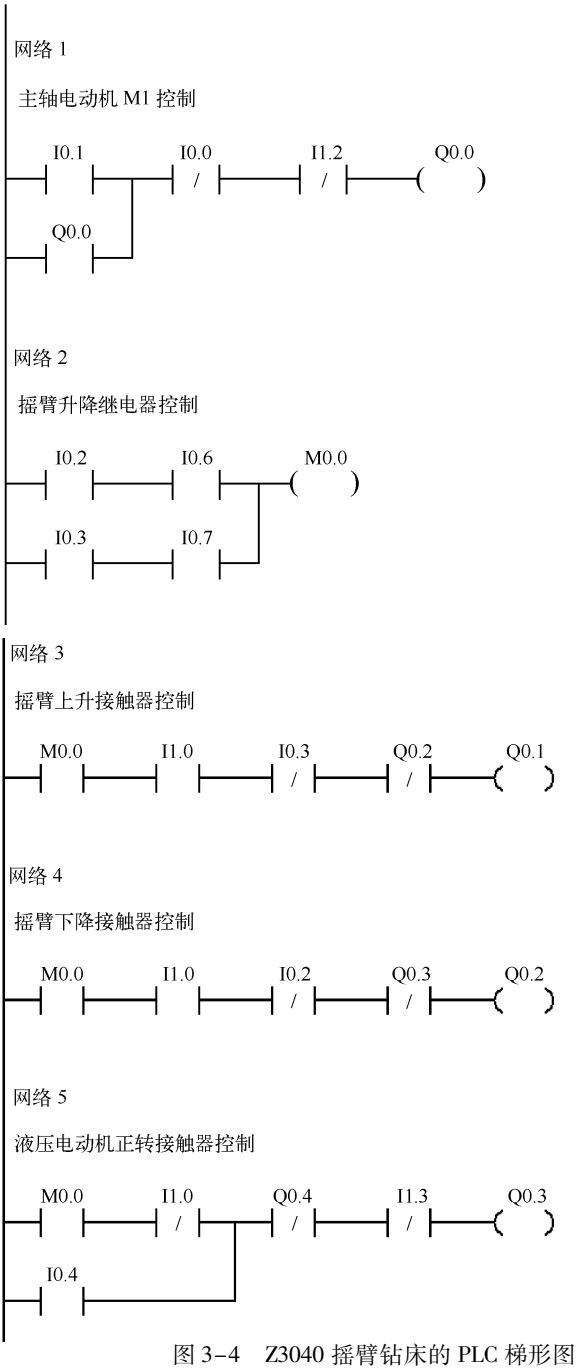


图 3-4　Z3040 摇臂钻床的 PLC 梯形图程序

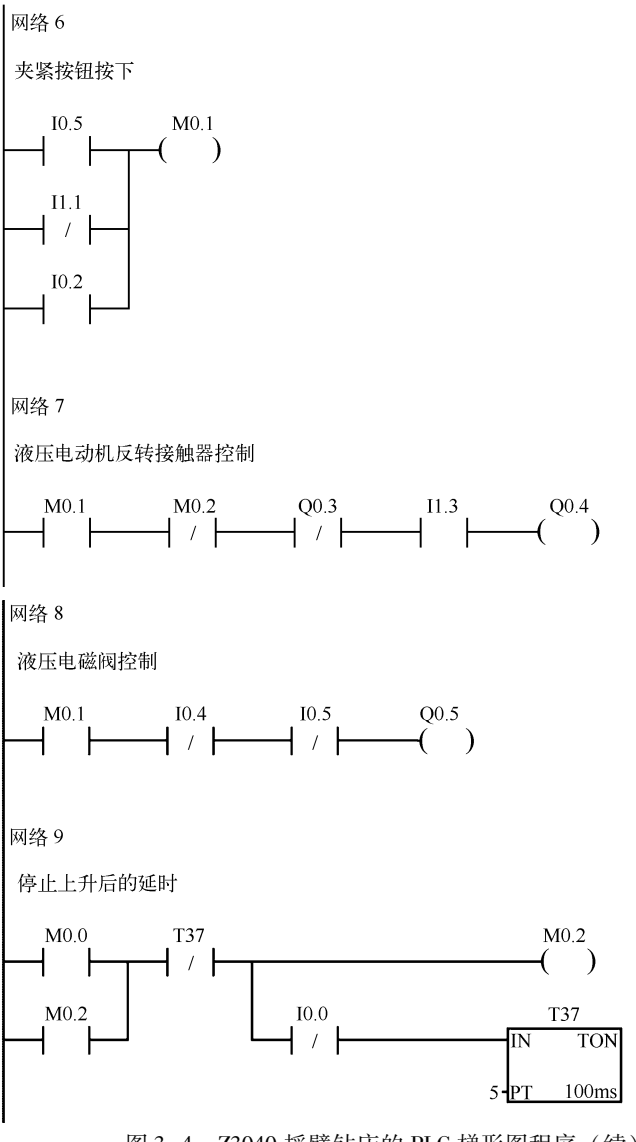


图 3-4 Z3040 摇臂钻床的 PLC 梯形图程序（续）

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应使用万用表检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序前先对程序进行模拟调试，应对系统各种工作要求和方式进行逐一检查，不能遗漏，直到符合控制要求为止。

③ 在现场调试中，接入实际的信号和负载时，应充分考虑各种可能的情况，做到认真、仔细、全面地完成现场调试。

④ 注意人身和设备的安全。

实例 54　X62W 万能铣床的 PLC 控制

实例控制要求

X62W 万能铣床的主运动是主轴带动铣刀的旋转运动。它主要由底座、床身、悬梁、主轴、刀杆支架、工作台、回转盘、横溜板和升降台等组成。

其运动形式如下所示。

主运动：指主轴带动铣刀的旋转运动，有顺铣和逆铣两种加工方式，要求主轴电动机能够正反转，在实际中不需频繁改变转向，因此可以采用组合开关来控制主轴电动机的正反转；采用电磁离合器制动以实现准确停车；主轴变速由变速箱实现，电气设备无须调速；为了操作的便利，要求采用两地控制。

进给运动：铣床的工作台要求有前后、左右、上下 6 个方向的进给运动和快速移动，要求电动机能正反转；为扩大加工能力，在工作台上可加装圆形工作台，由进给电动机经传动机构驱动；为保证机床和刀具的安全，在铣削加工时，任何时刻工件只允许有一个方向的进给运动，可采用机械手柄和行程开关相配合的方式来实现 6 个方向的联锁；要求只有在主轴旋转后，才允许进给运动，且只有在进给停止后主轴才能停止。

辅助运动：工作台的快速移动，由电磁离合器控制；主轴和进给的变速冲动是为了保证变速后齿轮的啮合良好，可用电动机做瞬时点动来实现。

X62W 万能铣床共有 3 台电动机，其功能分别如下所示。

主轴电动机 M1：提供主轴带动铣刀旋转的动力，由交流接触器 KM1 控制其运转，其旋转方向由组合开关 SA3 来选择。其热继电器 FR1 用做过载保护，熔断器 FU1 用做短路保护。

进给电动机 M3：提供进给运动和快速移动的动力，由交流接触器 KM3、KM4 控制其正反转。其热继电器 FR3 用做过载保护，熔断器 FU2 用做短路保护。

冷却泵电动机 M2：输送冷却液，由组合开关 QS2 控制其运转。其热继电器 FR2 用做过载保护；熔断器 FU1 兼做短路保护。

X62W 万能铣床的辅助控制有：主轴制动电磁离合器，由停止按钮 SB5、SB6 控制；而进给和快速移动由交流接触器 KM2 来控制。

实例控制要求

1）I/O 的分配

根据控制要求，首先确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 15 个输入点，7 个输出点，如表 3-5 所示。

表 3-5　PLC 的 I/O 配置

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代号	功　能		功　能	代号	
SB1、SB2	主轴电机 M1 启动	I0.0	KM1	控制主轴 M1 启停	Q0.0
SB3、SB4	快速进给点动	I0.1	KM2	控制进给 M2 正转	Q0.1

续表

输入设备		输入继电器	输出设备		输出继电器
代　号	功　能		功　能	代　号	
SB5、SB6	主轴电机 M1 停止、制动	I0.2	KM3	控制进给 M2 反转	Q0.2
SA1	换刀开关	I0.3	YC1	主轴 M1 制动控制	Q0.4
SA2	圆形工作台开关	I0.4	YC2	M2 正常进给	Q0.5
SQ1	主轴冲动开关	I0.5	YC3	M2 快速进给	Q0.6
SQ2	进给冲动开关	I0.6	EL	工作照明灯	Q1.0
SQ3	M2 正反转及联锁	I0.7			
SQ4	M2 正反转及联锁	I1.0			
SQ5	M2 正反转及联锁	I1.1			
SQ6	M2 正反转及联锁	I1.2			
FR1	M1 过载保护	I1.3			
FR2	M2 过载保护	I1.4			
FR3	M3 过载保护	I1.5			
SA4	工作照明灯开关	I1.6			

2）设计、绘制接线原理图

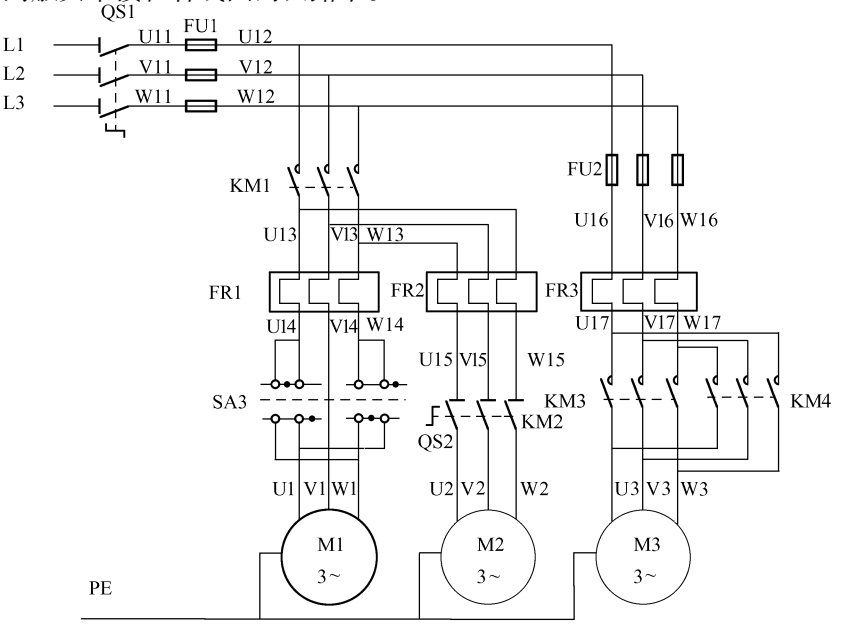
根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 3-5 所示。

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备互锁电路。

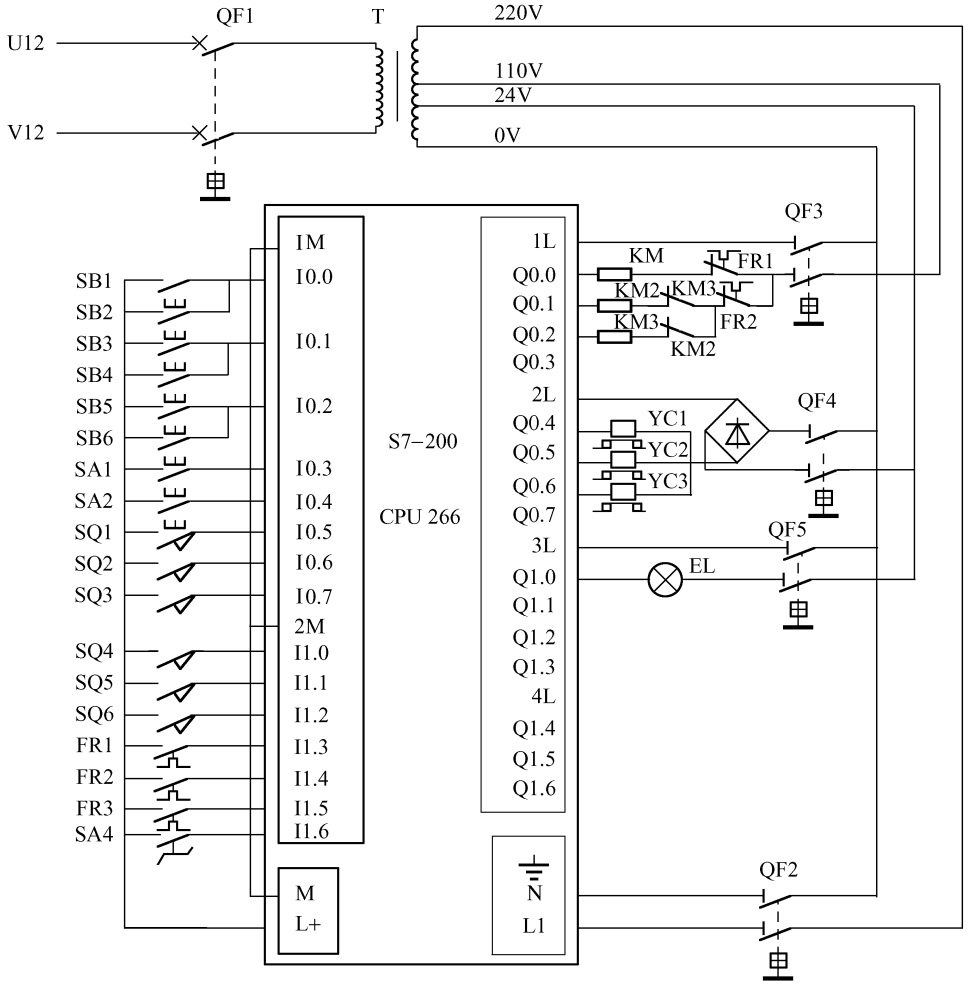
② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压为 110V，24V。

③ 为了保证控制功能的合理性和可靠性，在输入硬接线时，应将热继电器 FR1、FR2 和 FR3 的常开触头作为控制信号接入 PLC 中；在输出硬接线时，应将热继电器 FR1、FR2 和 FR3 的常闭触头串接在各线圈的回路中。



（a）PLC 系统接线原理图 1

图 3-5　PLC 系统的接线原理图



（b）PLC 系统的接线原理图 2

图 3－5　PLC 系统的接线原理图（续）

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 3－6 所示。

重点提示

① 选择电器元件时，要根据设备的操作任务和操作方式确定所需元件，并考虑元件的数量、型号、额定参数和安装要求。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

表3-6 材料清单

序 号	分 类	名 称	型号规格	数 量	备 注
1	工具	电工工具		1套	
2	器材	万用表	MF47型	1块	
3		可编程控制器	S7－200/226	1台	
4		计算机	自定	1台	
5		S7-200编程软件	STEP 7－Micro/Win V4 SP3	1套	
6		配电盘	600mm×800mm	1块	
7		导轨	C45	3m	
8		组合开关	HZ10－60/3	1只	
9			HZ10－10/3	1个	
10			HZ3－133	1只	
11		断路器	DZ47－63/2P 5A	5个	
12		交流接触器	CJX1－25 线圈电压110V	1个	
13			CJX1－9 线圈电压110V	4个	
14		热继电器	JRS1－09/25 16A	1个	
15			JRS1－09/25 3.4A	1个	
16			JRS1－09/25 0.43A	1个	
17		按钮	LA2－11	6个	
18		换刀开关	LS2－3A	1个	
19		电磁离合器	B1DL－Ⅲ	1个	
20			B1DL－Ⅱ	2个	
21		行程开关	LX3－11K	4只	
22			LX3－131	2只	
23		熔断器	RL1－60/50A	3只	
24			RL1－15/10A	3只	
25		端子排	TB－2020	3根（60节）	
26		控制变压器	JBK3－150 380/220、110、24、6	1	
27		信号灯	XD1 6V	2只	
28		机床照明灯	JC11	1只	
29	耗材	铜塑线	BVR/4mm^2	30m	主电路
30			BVR/2.5mm^2	30m	主电路
31			BVR/0.5mm^2	40m	控制电路
32		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
33		线槽	25mm×35mm	若干	
34		号码管		若干	

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

③ I/O 线和动力线应分开走线，并保持距离。数字量信号一般采用普通电缆就可以了；模拟信号线和高速信号线应采用屏蔽电缆，并做好接地。

④ 安装 PLC 时应远离强干扰源，并可靠地接地，最好和强电的接地装置分开。接地线的截面积应大于 $2mm^2$，接地点与 PLC 的距离应小于 50cm。

4）程序设计

重点提示

① 程序设计要合理，不改变原来铣床的操作习惯和顺序。

② 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

③ 程序的实现应保持机床原有的功能不变。

梯形图程序

X62W 万能铣床的 PLC 梯形图程序如图 3-6 所示。

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，达到设计要求。

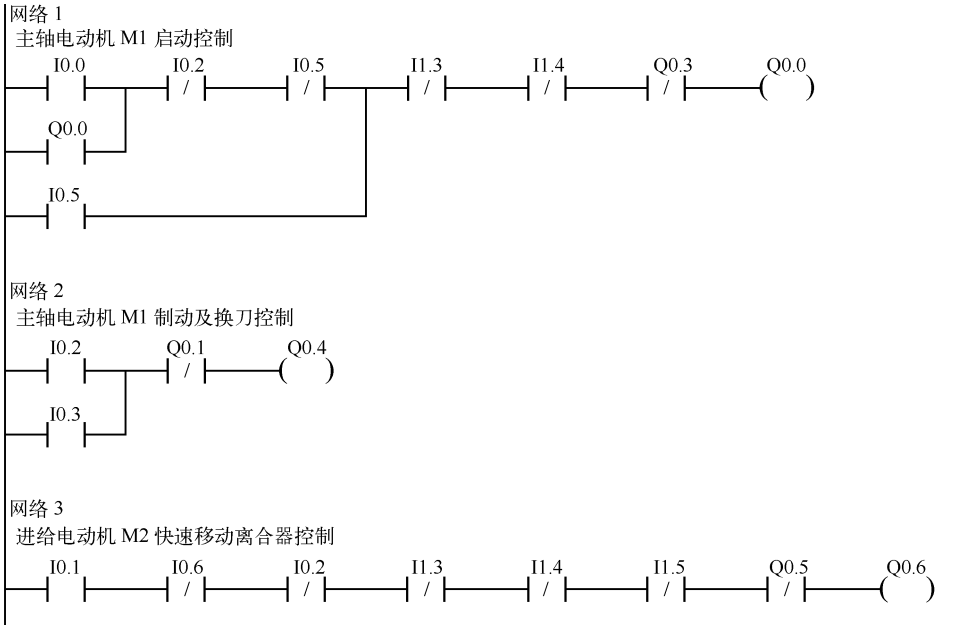
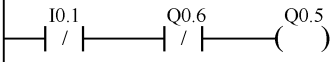
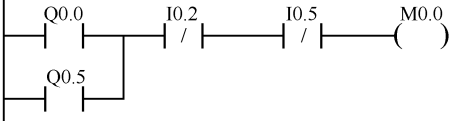


图 3-6　X62W 万能铣床的 PLC 梯形图程序

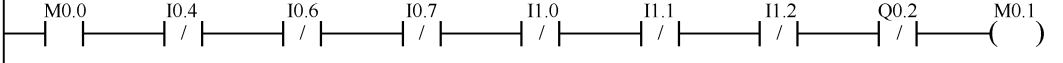
网络 4
进给电动机 M2 正常进给离合器控制



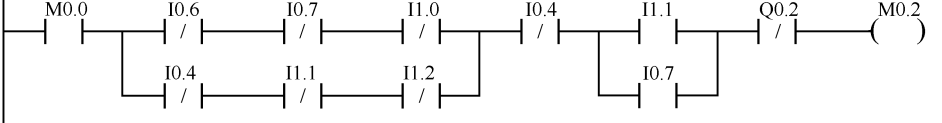
网络 5
圆工作台开关“接通”



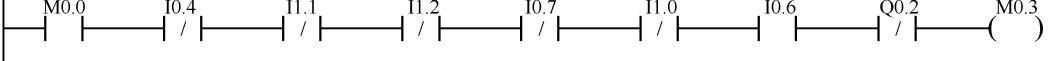
网络 6
圆工作台控制



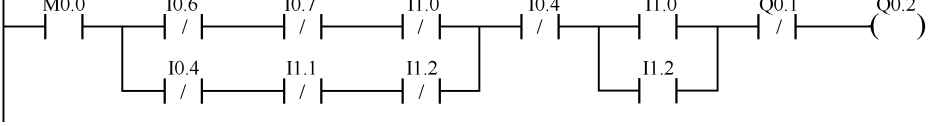
网络 7
工作台正向进给控制



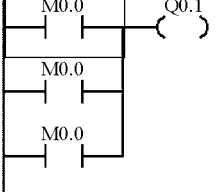
网络 8
工作台正向冲动控制



网络 9
工作台反向进给控制



网络 10
工作台正向控制



网络 11
工作照明灯控制

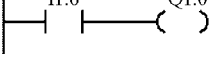


图 3-6　X62W 万能铣床的 PLC 梯形图程序（续）

重点提示

① 通电前应使用万用表检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序前应先对程序进行模拟调试。对系统的各种工作要求和方式都要逐一检查，不能遗漏，直到符合控制要求为止。

③ 在现场调试中，接入实际的信号和负载时，应充分考虑各种可能的情况，做到认真、仔细、全面地完成现场调试。

④ 注意人身和设备的安全。

实例 55　波浪式喷泉的 PLC 控制

实例控制要求

在很多公园、广场、旅游景点或建筑前面会有一些喷泉，并配有五颜六色的灯光和音乐，为群众休闲提供了良好的环境。下面介绍一种常见的波浪式喷泉的 PLC 控制方式。

某广场喷泉示意图如图 3-7 所示。

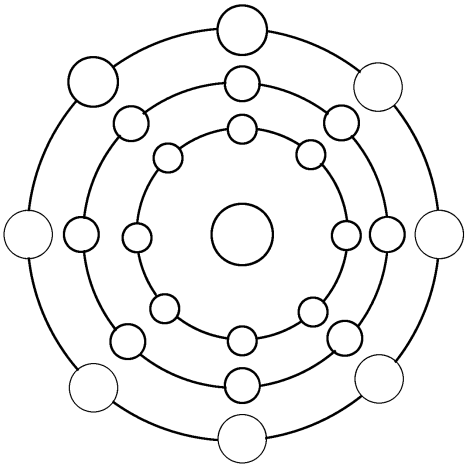


图 3-7　某广场喷泉示意图

在图 3-7 中，从里向外分别为 1#喷头（中间）、2#喷头、3#喷头、4#喷头。

要求按下启动按钮，喷泉控制装置开始工作；按下停止按钮，喷泉装置停止工作。喷泉的工作方式有以下两种，可通过方式选择开关来选择。

方式一：开始工作时，1#喷头喷水 3s，接着 2#喷头喷水 3s，然后 3#喷头喷水 3s，最后 4#喷头喷水 20s；重复上述过程，直至按下停止按钮为止。

方式二：开始工作时，1#、3#喷头喷水 5s，接着 2#、4#喷头喷水 5s，停 2s，如此交替运行 60s，然后 4 组喷头全喷水 20s；重复上述过程，直至按下停止按钮为止。

实例解决方案

1）I/O 的分配

根据控制要求先确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 3 个输入点，4 个输出点，如表 3-7 所示。

表 3-7 PLC 的 I/O 配置

输入设备			输出设备		
代 号	功 能	输入继电器	代 号	功 能	输出继电器
SA1	方式选择开关	I0.0	KM1	控制 1#喷头	Q0.0
SB1	停止	I0.1	KM2	控制 2#喷头	Q0.1
SB2	启动	I0.2	KM3	控制 3#喷头	Q0.2
			KM4	控制 4#喷头	Q0.3

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 3-8 所示。

重点提示

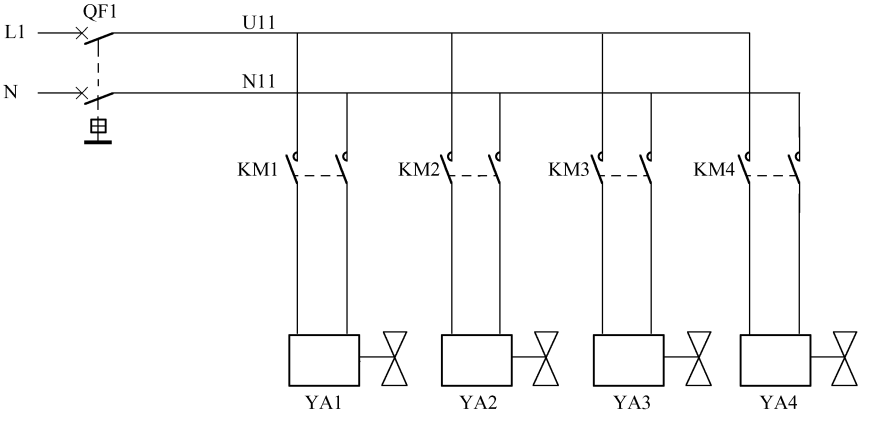
① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压为 220V。

3）安装与接线

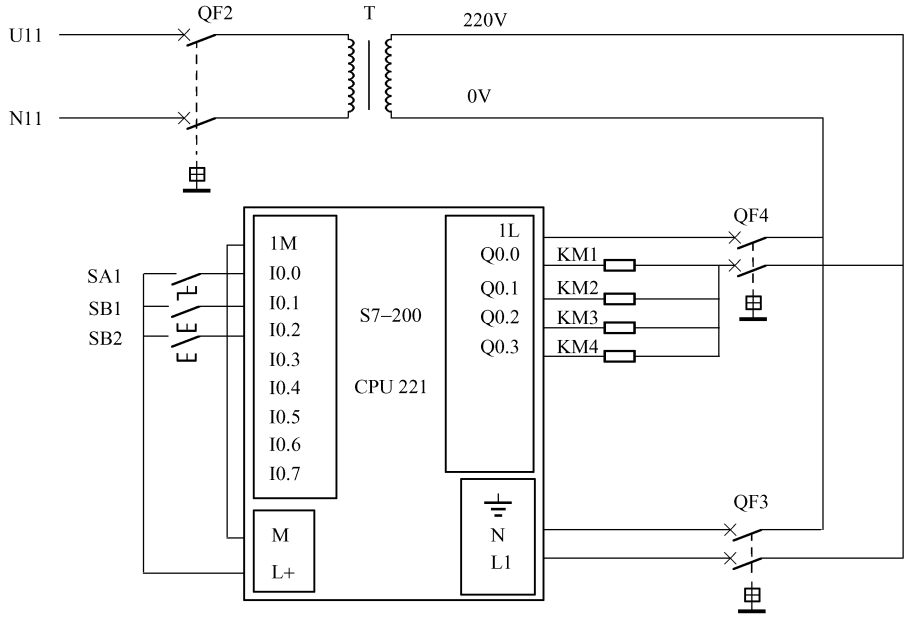
（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 3-8 所示。



（a）PLC 系统的接线原理图 1

图 3-8 PLC 系统的接线原理图



（b）PLC 系统的接线原理图 2

图 3-8　PLC 系统接线原理图（续）

重点提示

① 选择电器元件时，要根据设备的操作任务和操作方式确定所需元件，并考虑元件的数量、型号、额定参数和安装要求。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

表 3-8　材 料 清 单

序　号	分　类	名　称	型 号 规 格	数　量	备　注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7－200/221	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7-200 编程软件	STEP 7－Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm×600mm	1 块	
7		导轨	C45	2m	
8		断路器	AM2－40，20A	1 只	
9			DZ47－63/2P 3A	4 个	
10		交流接触器	CJX1－16 线圈电压 220V	4 个	
11		按钮	LAY3	2 个	
12		旋转开关	LAY3	1 个	
13		端子排	TB－2020	1 根（20 节）	
14		控制变压器	JBK3－100 380/220、110、24、6	1 只	

续表

序 号	分 类	名 称	型号规格	数 量	备 注
15	耗材	铜塑线	BVR/2.5mm²	20m	主电路
16			BVR/0.5mm²	30m	控制电路
17		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
18		线槽	25mm×35mm	若干	
19		号码管		若干	

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

③ I/O 线和动力线应分开走线，并保持距离。数字量信号一般采用普通电缆就可以了；模拟信号线和高速信号线应采用屏蔽电缆，并做好接地。

④ 安装 PLC 时应远离强干扰源，并可靠地接地，最好和强电的接地装置分开。接地线的截面积应大于 2mm²，接地点与 PLC 的距离应小于 50cm。

4）程序设计

重点提示

① 程序设计要合理。

② 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

梯形图程序

喷泉的 PLC 梯形图程序如图 3-9 所示。

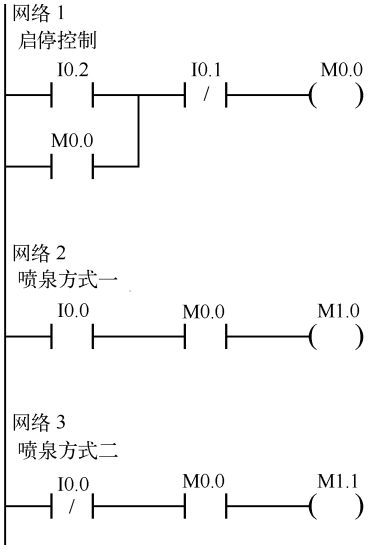


图 3-9 喷泉的 PLC 梯形图程序

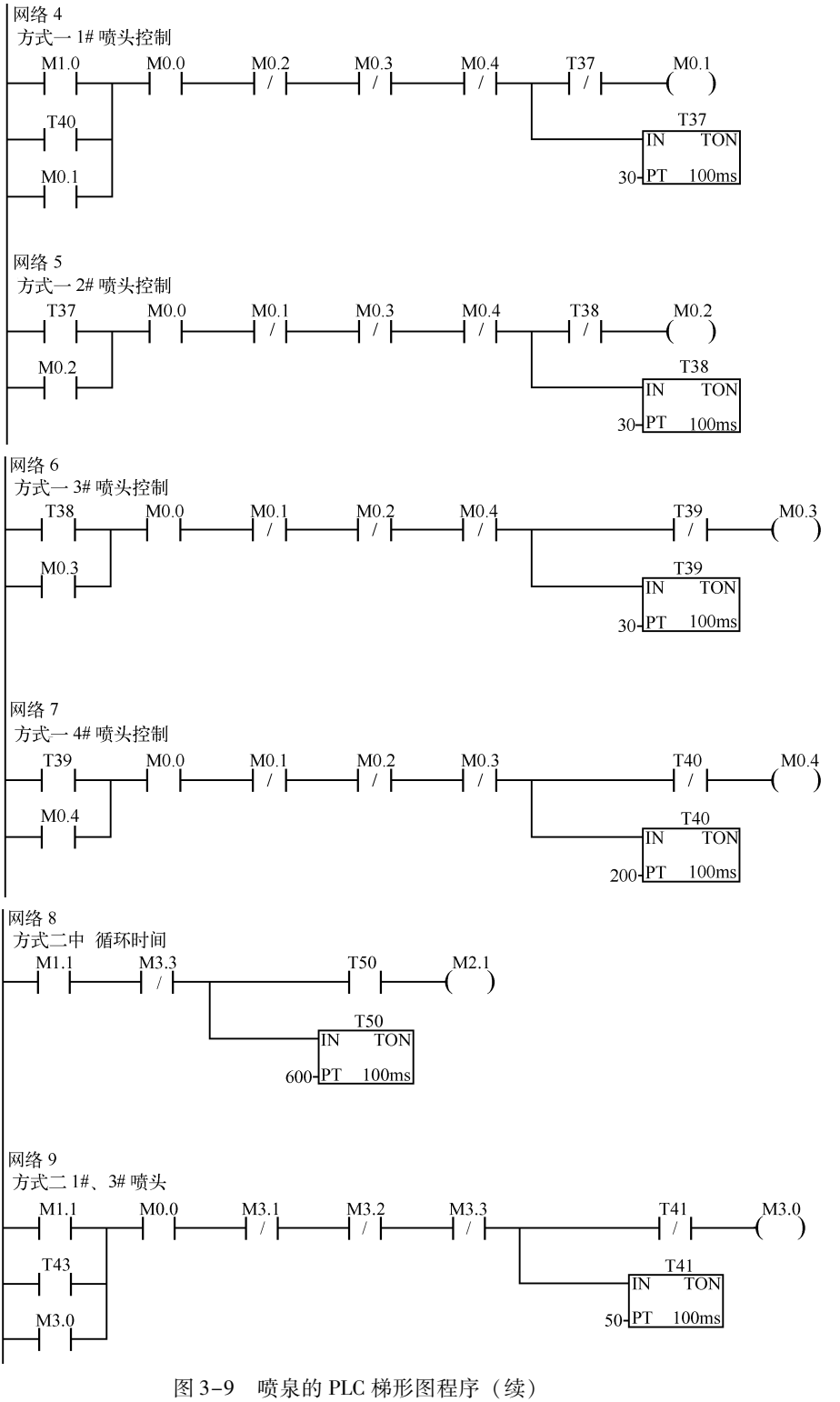


图 3-9 喷泉的 PLC 梯形图程序（续）

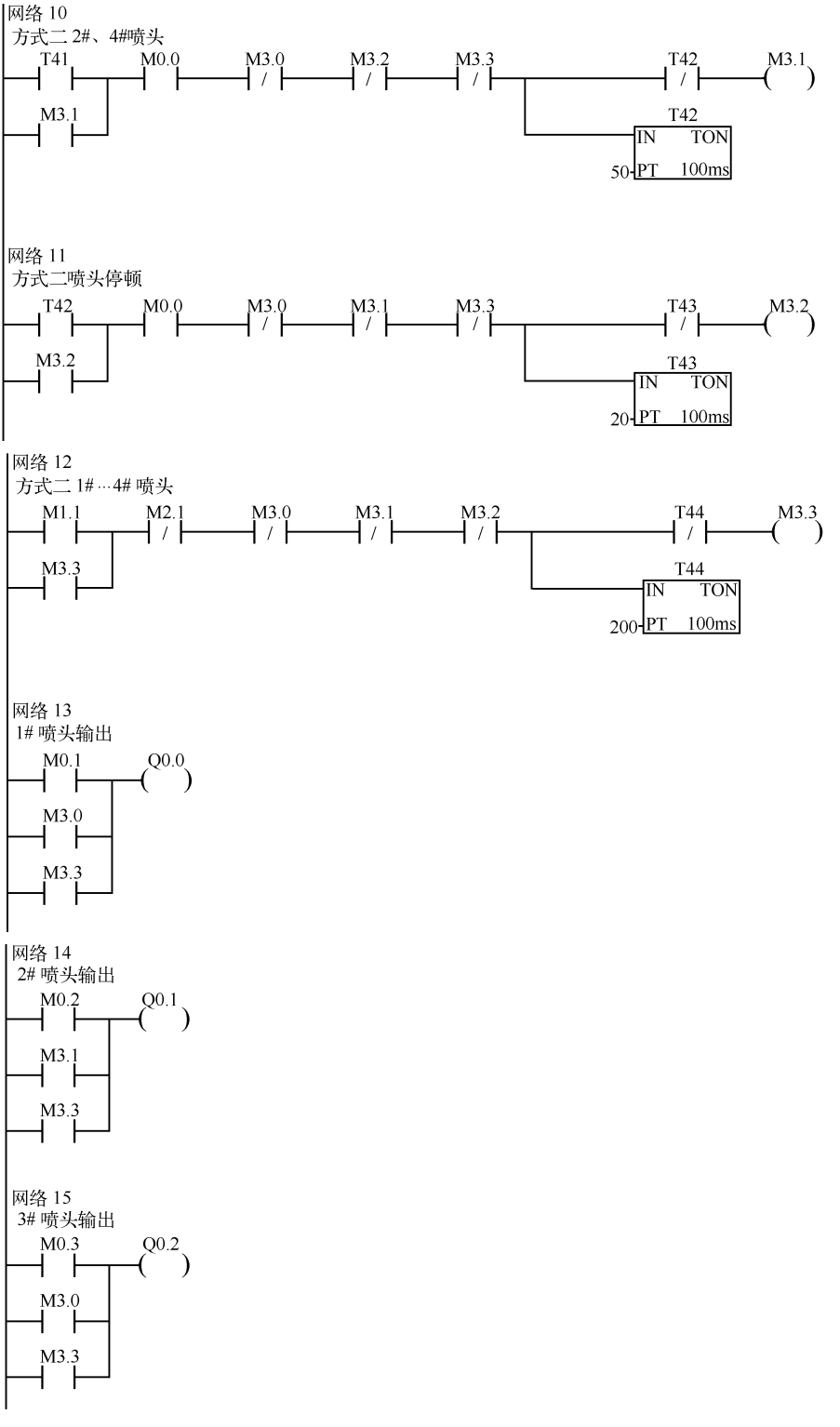


图 3-9　喷泉的 PLC 梯形图程序（续）

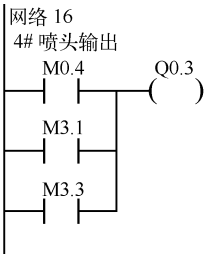


图 3-9 喷泉的 PLC 梯形图程序（续）

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。

重点提示

① 通电前应使用万用表检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序前应先对程序进行模拟调试。对系统的各种工作要求和方式都要逐一检查，不能遗漏，直到符合控制要求为止。

③ 在现场调试中，接入实际的信号和负载时，应充分考虑各种可能的情况，做到认真、仔细、全面地完成现场调试。

④ 注意人身和设备的安全。

实例 56 恒压供水系统的 PLC 控制

实例控制要求

在实际应用中，恒压供水的控制解决方案有多种，下面介绍利用 4 台水泵根据压力的设定上下限变化来进行控制的恒压供水方式。

1）水泵的启停控制

水泵的启停是根据主管道的压力信号来决定的，当压力低于正常压力时启动一台水泵，若 15s 后压力仍然低，则启动下一台。当压力高于正常压力时停止一台水泵，若 15s 后压力仍然高，则停止下一台。

2）水泵的切换控制

本实例的控制由 4 台水泵完成，考虑到对电动机的保护，要求 4 台水泵轮流运行，并且要求启动时首先启动停止时间最长的那台，停止时首先停止运行时间最长的那台。

实例解决方案

1）I/O 的分配

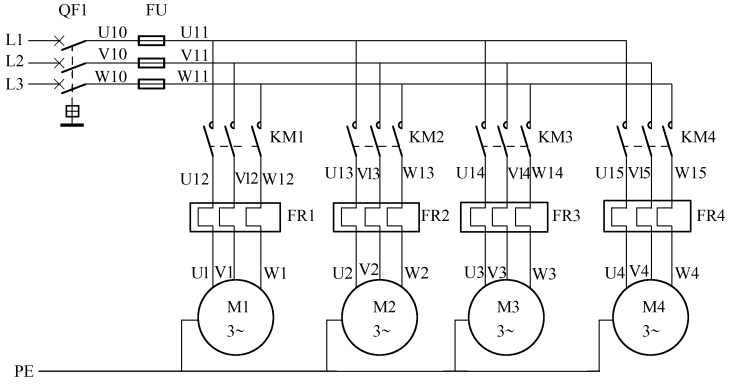
根据控制要求确定 I/O 的个数，进行 I/O 的分配。本实例需要 8 个输入点，4 个输出点，如表 3-9 所示。

表 3-9　PLC 的 I/O 配置

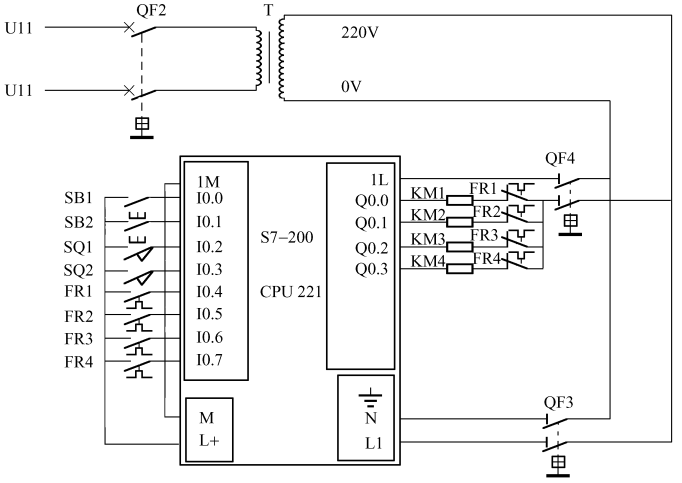
输入设备			输出设备		
代　号	功　能	输入继电器	代　号	功　能	输出继电器
SB1	启动	I0.0	KM1	控制 M1	Q0.0
SB2	停止	I0.1	KM2	控制 M2	Q0.1
SQ1	压力下限	I0.2	KM3	控制 M3	Q0.2
SQ2	压力上限	I0.3	KM4	控制 M4	Q0.3
FR1	M1 过载保护	I0.4			
FR2	M2 过载保护	I0.5			
FR3	M3 过载保护	I0.6			
FR4	M4 过载保护	I0.7			

2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 3-10 所示。



（a）PLC 系统的接线原理图 1



（b）PLC 系统的接线原理图 2

图 3-10　PLC 系统的接线原理图

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压为 220V。

③ 为了保证控制功能的合理性和可靠性，在输入硬接线时，应将热继电器 FR1、FR2、FR3 和 FR4 的常开触点作为控制信号接入 PLC 中；在输出硬接线时，应将热继电器 FR1，

FR2，FR3 和 FR4 的常闭触点串接在各线圈的回路中。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 3-10 所示。

表 3-10 材 料 清 单

序 号	分 类	名 称	型 号 规 格	数 量	备 注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7－200/224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7-200 编程软件	STEP 7－Micro/WIN V4 SP3	1 套	
6		配电盘	500mm×600mm	1 块	
7		导轨	C45	2m	
8		断路器	DZ15－100，100A	1 只	
9			DZ47－63/2P 3A	3 个	
10		交流接触器	CJX1－32 线圈电压 220V	4 个	
11		热继电器	JRS1－09/25 21A	4 个	
12		按钮	LAY3	2 个	
13		端子排	TB－2020	1 根（20 节）	
14		控制变压器	JBK3－100 380/220、110、24、6	1 只	
15		熔断器	RT14－32 20A，6A	6 只	
16	耗材	铜塑线	BVR/2.5mm^2	20m	主电路
17			BVR/0.5mm^2	30m	控制电路
18		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
19		线槽	25mm×35mm	若干	
20		号码管		若干	

重点提示

① 选择电器元件时，要根据设备的操作任务和操作方式确定所需元件，并考虑元件的数量、型号、额定参数和安装要求。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在一块配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

③ I/O 线和动力线应分开走线，并保持距离。数字量信号一般采用普通电缆就可以了；模拟信号线和高速信号线应采用屏蔽电缆，并做好接地。

④ 安装 PLC 时应远离强干扰源，并可靠地接地，最好和强电的接地装置分开。接地线的截面积应大于 2mm^2，接地点与 PLC 的距离应小于 50cm。

4）程序设计

重点提示

① 程序设计要合理。

② 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

梯形图程序

恒压供水系统的 PLC 梯形图程序如图 3-11 所示。

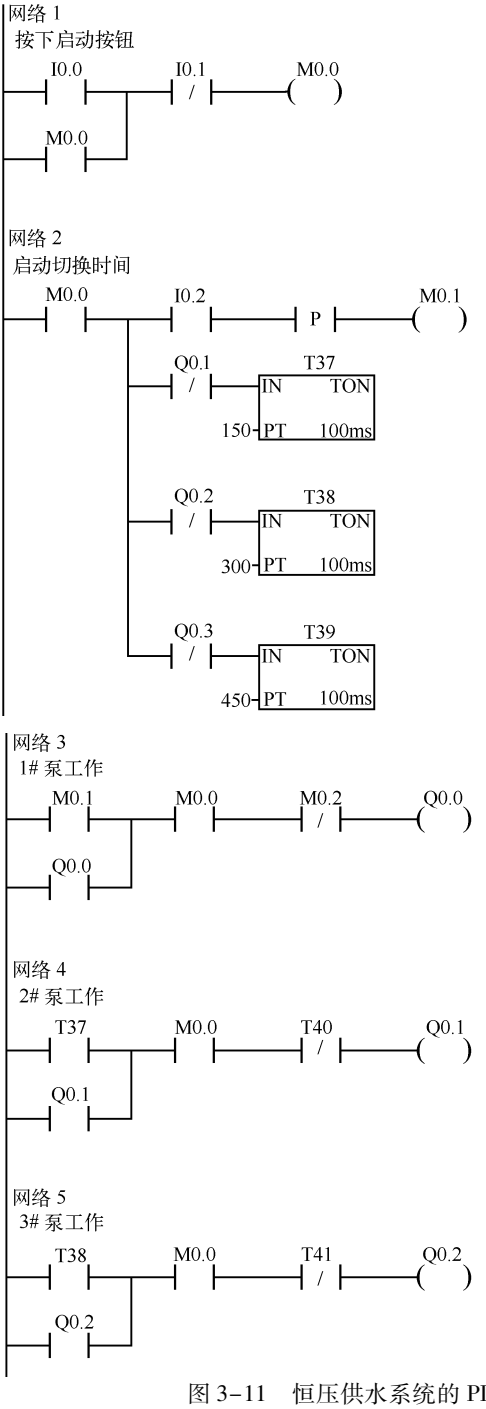


图 3-11　恒压供水系统的 PLC 梯形图程序

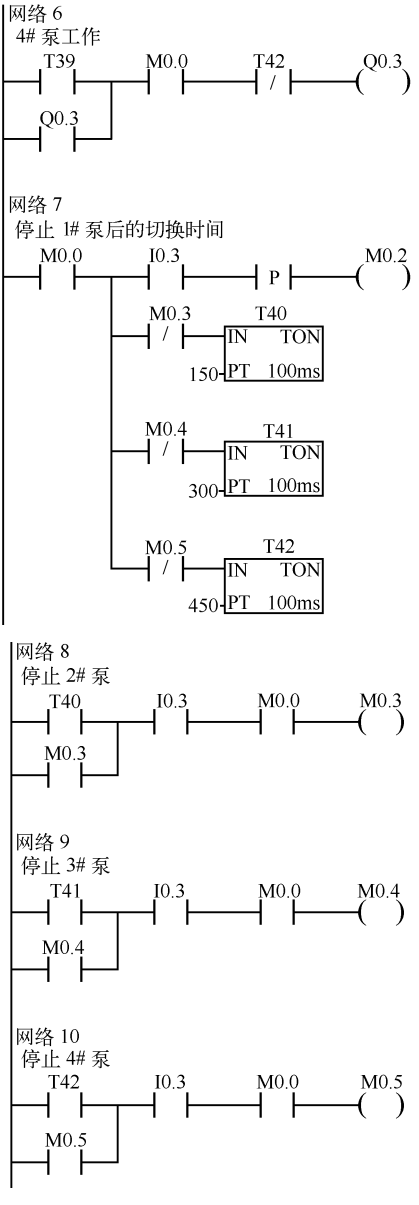


图 3－11 恒压供水系统的 PLC 梯形图程序（续）

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。



重点提示

① 通电前应使用万用表检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序前应先对程序进行模拟调试。对系统各种工作要求和方式都要逐一检查，不能遗漏，直到符合控制要求为止。

③ 在现场调试中，接入实际的信号和负载时，应充分考虑各种可能的情况，做到认真、

仔细、全面地完成现场调试。

④ 注意人身和设备的安全。

实例57 B2016A龙门刨床的PLC控制



实例控制要求

B2016A龙门刨床共有七台电动机，其功能分别如下所示。

刨台拖动电动机M1：拖动工作台往复运动，由变频器拖动并实现正反转和过载保护，由QF1进行短路保护。

润滑油泵电动机M2：提供工作台运动的润滑，由交流接触器KM1控制其运行。其热继电器FR1用做过载保护。

垂直刀架电动机M3：提供垂直刀架并实现其进刀和退刀，由交流接触器KM2、KM3控制，由QF3进行短路保护，因是短期工作故未设过载保护。

右侧刀架电动机M4：提供右侧刀架并实现其进刀和退刀，由交流接触器KM4、KM5控制，由QF3进行短路保护，因是短期工作故未设过载保护。

左侧刀架电动机M5：提供左侧刀架并实现其进刀和退刀，由交流接触器KM6、KM7控制，由QF2进行短路保护，因是短期工作故未设过载保护。

横梁升降电动机M6：提供横梁的上升和下降，由交流接触器KM8、KM9控制，由QF2进行短路保护，因是短期工作故未设过载保护。

横梁夹紧电动机M7：提供横梁夹紧机构的夹紧和放松，由交流接触器KM10、KM11控制，由过流继电器JL－J进行夹紧过流保护，由QF2进行短路保护，因是短期工作故未设过载保护。



实例解决方案

1）I/O的分配

根据控制要求确定I/O的个数，进行I/O的分配。本实例需要27个输入点，19个输出点，如表3-11所示。

表3-11 PLC的I/O配置

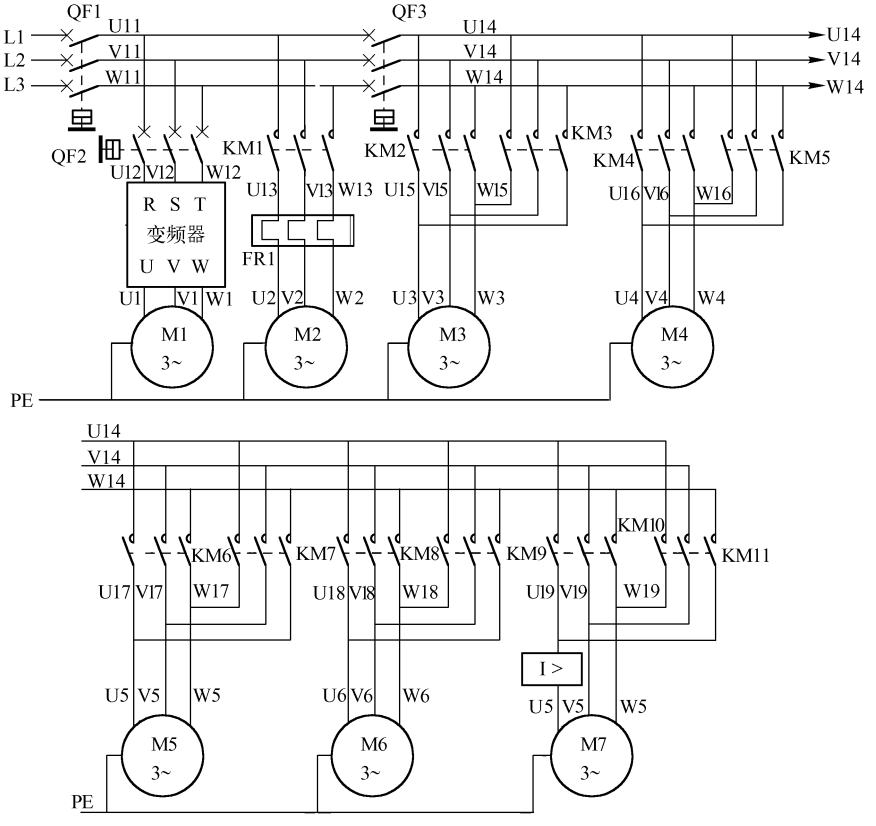
输入设备			输出设备		
代 号	功 能	输入继电器	代 号	功 能	输出继电器
SB1	总停止开关	I0.0	KM1	控制油泵M2	Q0.0
SB2	工作台步进	I0.1	KM2	控制垂直刀架M3正转	Q0.1
SB3	工作台前进	I0.2	KM3	控制垂直刀架M3反转	Q0.2
SB4	工作台步退	I0.3	KM4	控制右刀架M4正转	Q0.3
SB5	工作台后退	I0.4	KM5	控制右刀架M4反转	Q0.4
SB6	垂刀架快移	I0.5	KM6	控制左刀架M5正转	Q0.5
SB7	右刀架快移	I0.6	KM7	控制左刀架M5反转	Q0.6
SB8	左刀架快移	I0.7	KM8	控制横梁M6上升	Q0.7
SB9	横梁上升	I1.0	KM9	控制横梁M6下降	Q1.0
SB10	横梁下降	I1.1	KM10	控制夹紧M7夹紧	Q1.1

续表

输入设备			输出设备		
代　号	功　能	输入继电器	代　号	功　能	输出继电器
KK－C	垂刀架自动/快移	I1.2	KM11	控制夹紧 M7 放松	Q1.2
KK－Y	右刀架自动/快移	I1.3	KA	抬刀继电器	Q1.3
KK－Z	左刀架自动/快移	I1.4	EL	工作照明灯	Q1.4
JL－J	夹紧过流	I1.5	RUN	变频器运行	Q2.0
6HXC	放松到位	I1.6	FOR/REV	变频器转向	Q2.1
3HXC	横梁上限	I1.7	JOG	变频器点动	Q2.2
4HXC	横梁右限	I2.0	SPH	变频器转速一	Q2.3
5HXC	横梁左限	I2.1	SPM	变频器转速二	Q2.4
Je	油压开关	I2.2	SPL	变频器转速三	Q2.5
7KK	油泵自动/连续	I2.3			
1HXC	工作台前进限位	I2.4			
2HXC	工作台后退限位	I2.5			
Q－JS	工作台前进减速	I2.6			
Q－HX	前进换向	I2.7			
H－JS	后退减速	I3.0			
H－HX	后退换向	I3.1			
SA	照明灯开关	I3.2			

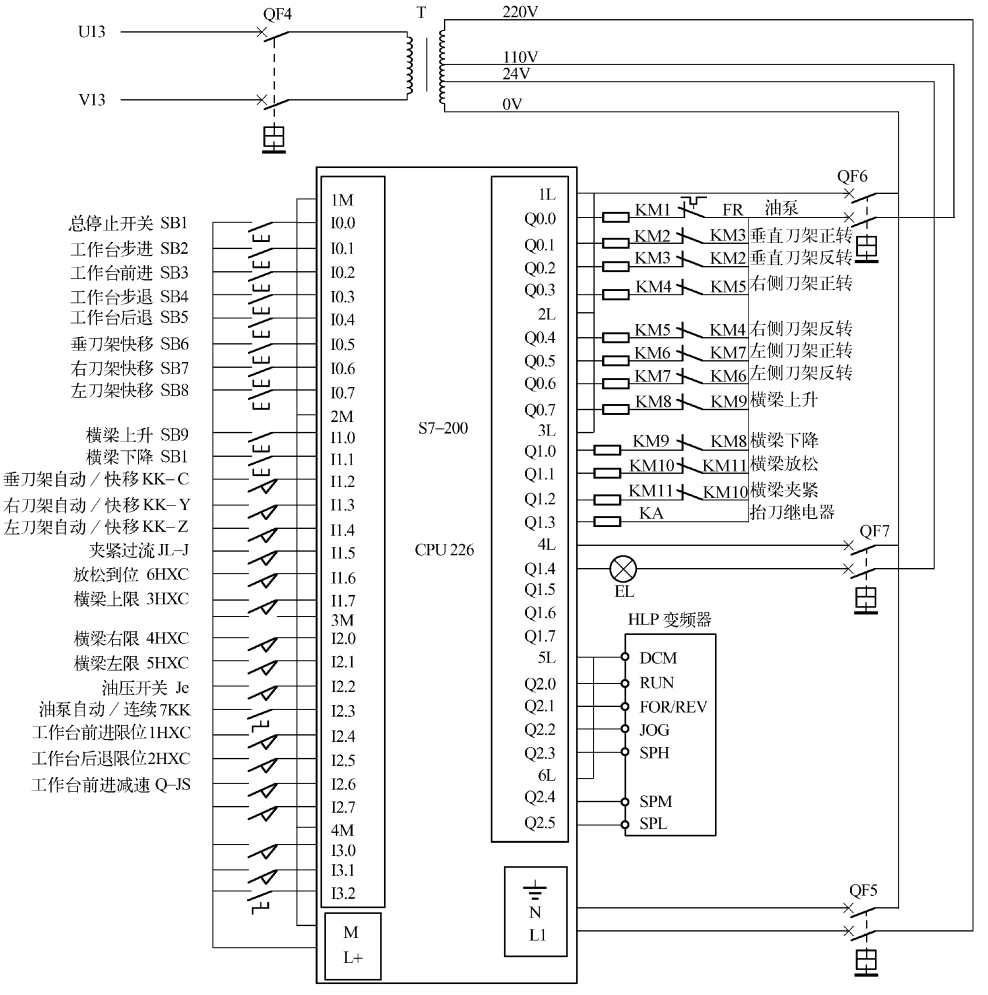
2）设计、绘制接线原理图

根据控制要求分析，设计并绘制 PLC 系统的接线原理图，如图 3－12 所示。



（a） PLC 系统的接线原理图1

图 3－12　PLC 系统的接线原理图



（b）PLC 系统接线原理图 2

图 3-12 PLC 系统的接线原理图（续）

重点提示

① 设计电路原理图时，电路应具备完善的保护功能。另外，PLC 外部硬件也应具备互锁电路。

② PLC 继电器输出所驱动的负载额定电压为 110V、24V。

③ 为了保证控制功能的合理性和可靠性，在输出硬接线时，应将热继电器 FR1 的常闭触头串接在线圈的回路中。

3）安装与接线

（1）材料准备

根据接线原理图列出需要的所有材料清单，如表 3-12 所示。

重点提示

① 选择电器元件时，要根据设备的操作任务和操作方式确定所需元件，并考虑元件的

数量、型号、额定参数和安装要求。

② 检测元器件的质量好坏。

③ PLC 的选型要合理，在满足要求下应尽量减少 I/O 的点数，以降低硬件的成本。

表 3-12 材 料 清 单

序　号	分　类	名　称	型 号 规 格	数　量	备　注
1	工具	电工工具		1 套	
2	器材	万用表	MF47 型	1 块	
3		可编程控制器	S7－200/224	1 台	
4		计算机	自定	1 台	
5		S7-200 编程软件	STEP 7－Micro/Win V4 SP3	1 套	
6		配电盘	1 500mm×1 200mm	1 块	
7		导轨	C45	5m	
8		变频器	HLP－A003743B 37kW	1 只	
9		断路器	DZ10－100，100A	1 只	
10		断路器	DZ15－40，40A	1 个	
11		断路器	DZ47－63/2P 3A	4 个	
12		交流接触器	CJX1－9 线圈电压 110V	11 个	
13		热继电器	JRS1－09/25 0.25A	1 个	
14		按钮	LAY3－11	9 个	
15		按钮	LAY3－01ZS/1	1 个	
16		过电流继电器	JT14－L	1 个	
17		位置开关	JLXK1－411	10 只	
18		端子排	TB－2020	10 根（200 节）	
19		控制变压器	JBK3－300 380V/220V，110V，24V，6V	1 只	
20		机床照明灯	JC11	1 只	
21	耗材	铜塑线	BVR/6mm^2	30m	主电路
22		铜塑线	BVR/2.5mm^2	50m	主电路
23		铜塑线	BVR/0.5mm^2	150m	控制电路
24		紧固件	螺钉（型号自定）	若干	
25		线槽	40mm×50mm	若干	
26		号码管		若干	

（2）具体的安装与接线

重点提示

① 应将所有元件装在配电板上，做到布局合理、安装牢固、符合安装工艺规范。

② 应根据接线原理图接线，做到接线正确、牢固、美观。

③ I/O 线和动力线应分开走线，并保持距离。数字量信号一般采用普通电缆就可以了；模拟信号线和高速信号线应采用屏蔽电缆，并做好接地。

④ 安装 PLC 时应远离强干扰源，并可靠地接地，最好和强电的接地装置分开。接地线的截面积应大于 2mm^2，接地点与 PLC 的距离应小于 50cm。

⑤ 变频器的安装与接线，一定要符合其说明书的要求与规定。

4）程序设计与变频器参数的设置

重点提示

① 程序设计要符合原来刨床的操作习惯和顺序。

② 程序设计应简捷、易读、符合控制要求。

③ 程序的实现应保持机床原有的功能不变。

④ 变频器的参数需参考变频器说明书进行设置（在这里不做介绍了）。

梯形图程序

B2016A 龙门刨床的 PLC 梯形图程序如图 3-13 所示。

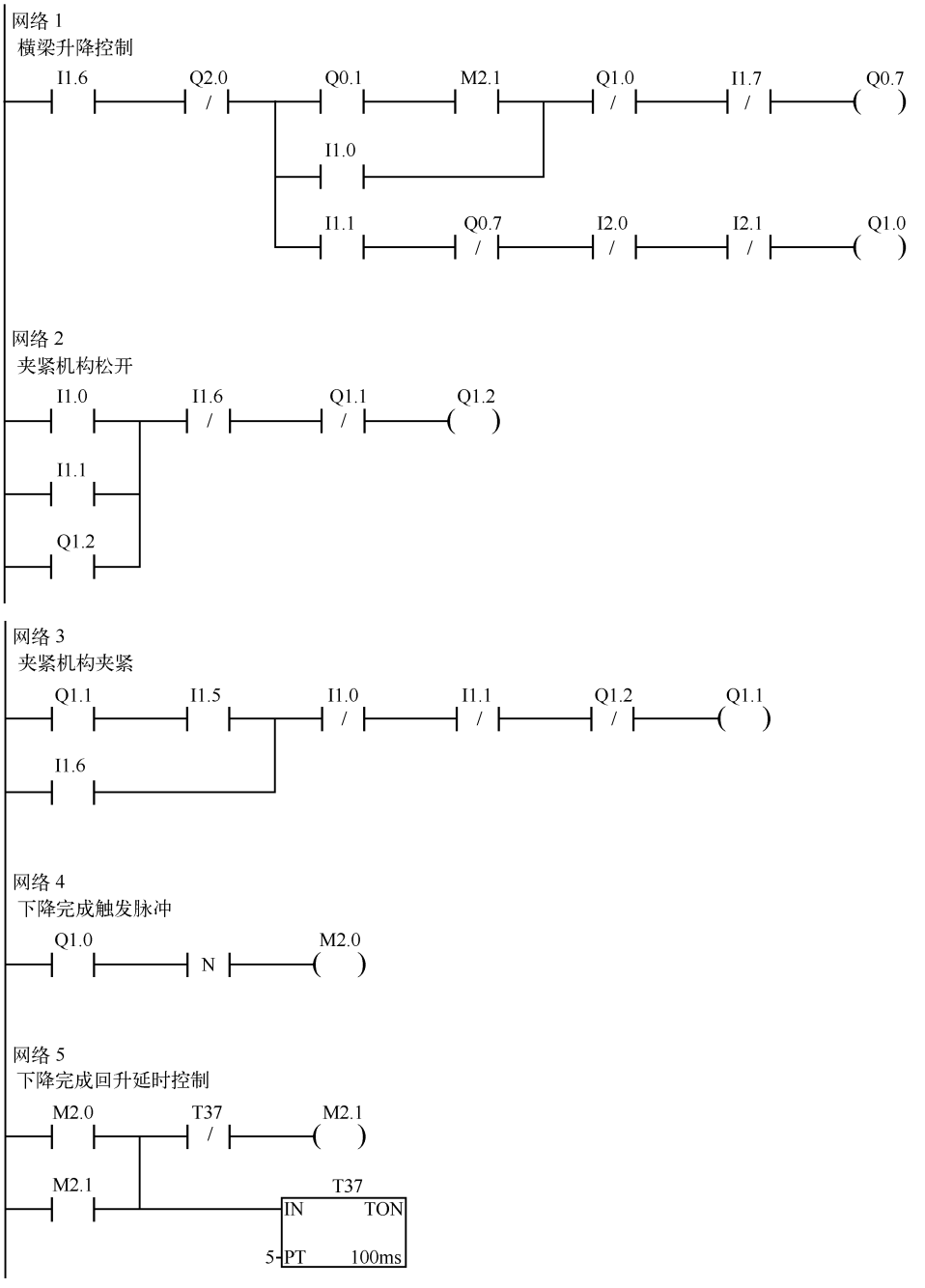


图 3-13　B2016A 龙门刨床的 PLC 梯形图程序

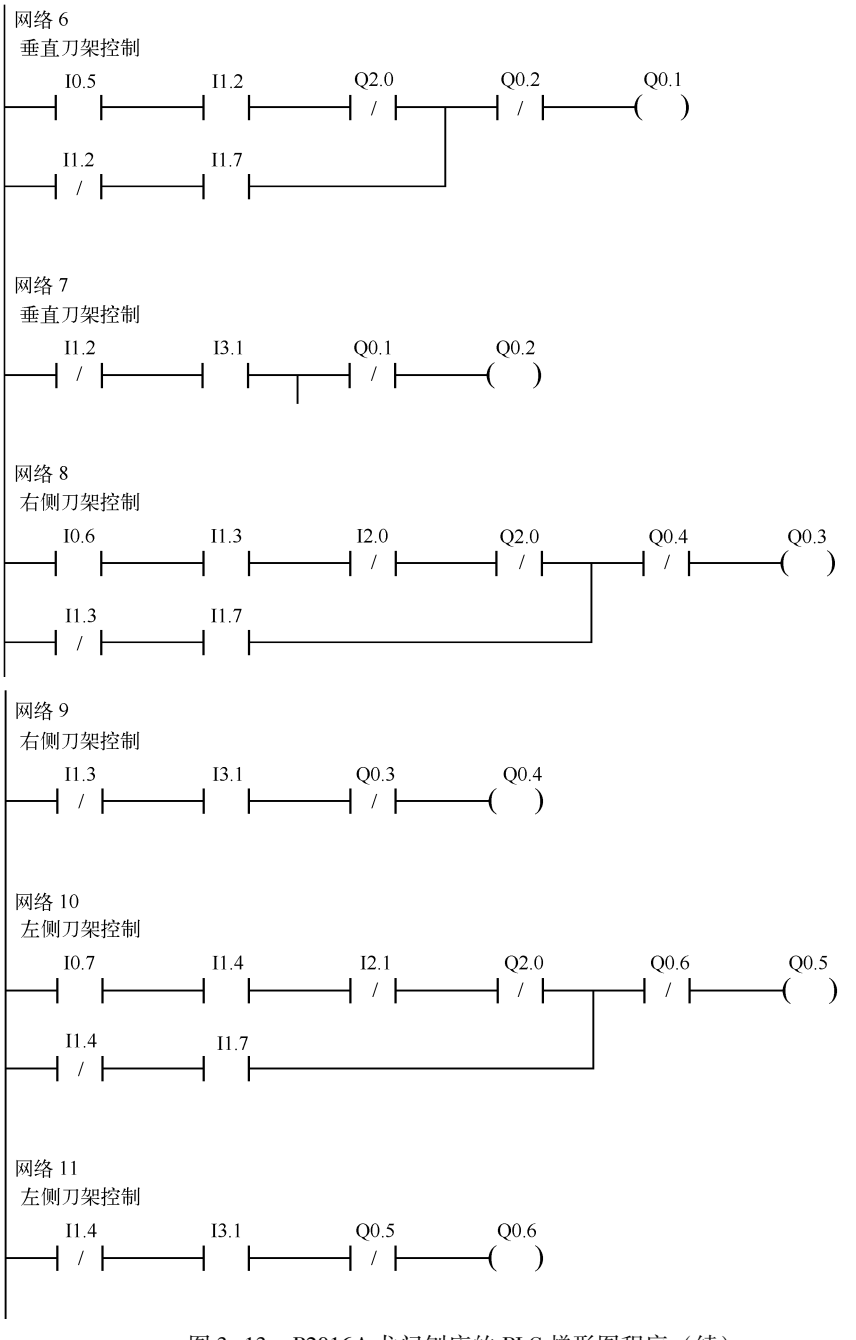


图 3－13　B2016A 龙门刨床的 PLC 梯形图程序（续）

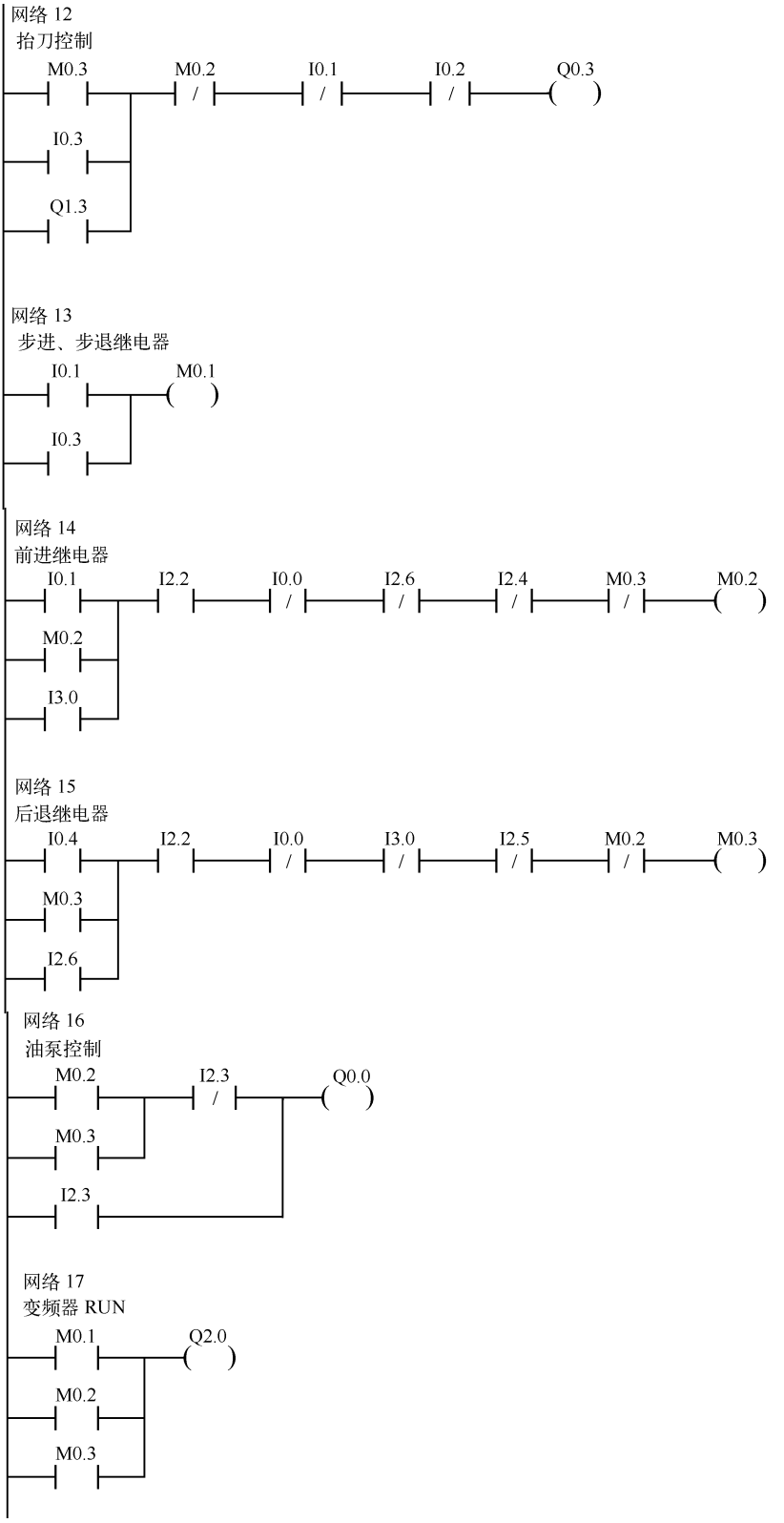


图 3-13　B2016A 龙门刨床的 PLC 梯形图程序（续）

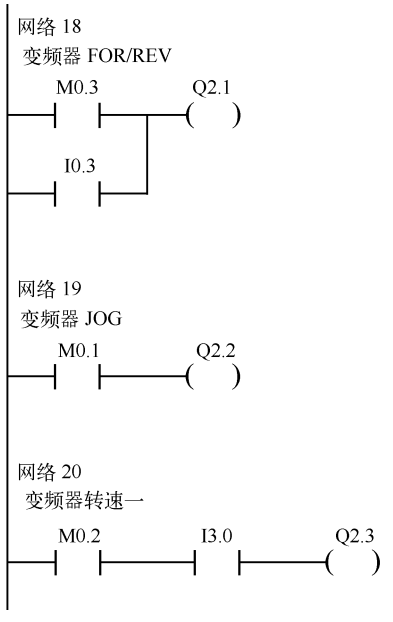


图 3－13　B2016A 龙门刨床的 PLC 梯形图程序（续）

5）程序的输入与调试

熟练操作编程软件，能正确将编制的程序输入 PLC 中；应按照被控设备的要求进行调试、修改，以达到设计要求。



重点提示

① 通电前应使用万用表检查电路的正确性，确保通电成功。

② 调试程序前应先对程序进行模拟调试。对系统各种工作要求和方式都要逐一检查，不能遗漏，直到符合控制要求为止。

③ 在现场调试中，接入实际的信号和负载时，应充分考虑各种可能的情况，做到认真、仔细、全面地完成现场调试。

④ 注意人身和设备的安全。

附录 A　S7－200 可编程控制器指令集

1. 触点指令

指令格式	初始装载
初始装载非	LD　bit
初始装载非	LDN　bit
与	A　bit
与非	AN　bit
或	O　bit
或非	ON　bit
上升沿检测	EU
下降沿检测	ED

2. 输出指令

指令格式	初始装载
线圈驱动	=　bit
置位	S　bit，n
复位	R　bit，n

3. 定时器指令

指令名称	指令格式
接通延时定时器	TON　Txxx，PT
断开延时定时器	TOF　Txxx，PT
保持型接通延时定时器	TONR　Txxx，PT

4. 计数器指令

指令名称	指令格式
递增计数器	CTU　Cxxx，PV
递减计数器	CTD　Cxxx，PV
增/减计数器	CTUD　Cxxx，PV

5. 程序控制指令

指令名称	指令格式
程序的条件结束	END
切换到停止模式	STOP
看门狗复位	WDR
跳到定义的标号	JMP n
定义一个跳转的标号	LBL n
调用子程序	CALL n (n1, …)
从子程序返回	CRET
循环	FOR INDX, INIT, FINAL
循环结束	NEXT
诊断 LED	DLED

6. 数据传送指令

指令名称	指令格式
传送字节	MOVB IN, OUT
传送字	MOVW IN, OUT
传送双字	MOVD IN, OUT
传送实数	MOVR IN, OUT
字节立即读	BIR IN, OUT
字节立即写	BIW IN, OUT
传送字节块	BMB IN, OUT, N
传送字块	BMW IN, OUT, N
传送双字块	BMD IN, OUT, N
字节交换	SWAP IN

7. 移位与循环移位指令

指令名称	指令格式
字节右移位	SRB OUT, N
字节左移位	SLB OUT, N
字右移位	SRW OUT, N
字左移位	SLW OUT, N
双字右移位	SRD OUT, N
双字左移位	SLD OUT, N
字节循环右移	RRB OUT, N
字节循环左移	RLB OUT, N
字循环右移	RRW OUT, N
字循环左移	RLW OUT, N
双字循环右移	RRD OUT, N
双字循环左移	RLD OUT, N
移位寄存器	SHRB DATA, S－BIT, N

8. 数据转换指令

指令名称	指令格式
整数转 BCD 码	IBCD　OUT
BCD 码转整数	BCDI　OUT
字节转整数	BTI　IN，OUT
整数转字节	ITB　IN，OUT
整数转双整数	ITD　IN，OUT
双整数转整数	DTI　IN，OUT
双整数转实数	DTR　IN，OUT
实数四舍五入为整数	ROUND　IN，OUT
实数截位取整为双整数	TRUNC　IN，OUT
7 段译码	SEG　IN，OUT
ACSII 码转十六进制数	ATH　IN，OUT，LEN
十六进制数转 ACSII 码	HTA　IN，OUT，LEN
整数转 ACSII 码	ITA　IN，OUT，FMT
双整数转 ACSII 码	DTA　IN，OUT，FMT
实数转 ACSII 码	RTA　IN，OUT，FMT

9. 表功能指令

指令名称	指令格式
填表	ATT　DATA，TBL
查表（满足等于条件时）	FND =　TBL，PTN，INDX
查表（满足不等于条件时）	FND < >　TBL，PTN，INDX
查表（满足小于条件时）	FND <　TBL，PTN，INDX
查表（满足大于条件时）	FND >　TBL，PTN，INDX
先入先出	FIFO　TBL，DATA
后入先出	LIFO　TBL，DATA
填充	FILL　IN，OUT，N

10. 读写实时时钟指令

指令名称	指令格式
读实时时钟	TODR　T
写实时时钟	TODW　T

11. 字符串指令

指令名称	指令格式
求字符串长度	SLEN　IN，OUT
复制字符串	SCPY　IN，OUT
字符串连接	SCAT　IN，OUT
复制子字符串	SSCPY　IN，INDX，N，OUT
字符串搜索	SFND　IN1，IN2，OUT
字符搜索	CFND　IN1，IN2，OUT



12. 数学运算指令

指令名称	指令格式
整数加法	+I IN1，OUT
整数减法	－I IN2，OUT
整数乘法	＊I IN1，OUT
整数除法	/I IN2，OUT
双整数加法	+D IN1，OUT
双整数减法	－D IN2，OUT
双整数乘法	＊D IN1，OUT
双整数除法	/D IN2，OUT
实数加法	+R IN1，OUT
实数减法	－R IN2，OUT
实数乘法	＊R IN1，OUT
实数除法	/R IN2，OUT
整数乘法产生双整数	MUL IN1，OUT
带余数的整数除法	DIV IN2，OUT
字节加 1	INBC IN
字节减 1	DECB IN
字加 1	INCW IN
字减 1	DECD IN
双字加 1	INCD IN
双字减 1	DECD IN
正弦	SIN IN，OUT
余弦	COS IN，OUT
正切	TAN IN，OUT
平方根	SQRT IN，OUT
自然对数	LN IN，OUT
指数	EXP IN，OUT

13. 逻辑运算指令

指令名称	指令格式
字节取反	INVB OUT
字取反	INVW OUT
双字取反	INVD OUT
字节与	ANDB IN1，OUT
字节或	ORB IN1，OUT
字节异或	XORB IN1，OUT
字与	ANDW IN1，OUT
字或	ORW IN1，OUT
字异或	XORW IN1，OUT
双字与	ANFD IN1，OUT
双字或	ORD IN1，OUT
双字异或	XORD IN1，OUT

14. 中断指令

指令名称	指令格式
允许中断	ENI
禁止中断	DISI
连接中断事件和中断程序	ATCH INT EVNT
断开中断事件和中断程序的连接	DTCH EVNT
清除中断事件	CEVNT EVNT
从中断程序中有条件返回	CRETI

15. 高速计数器指令

指令名称	指令格式
定义高速计数器模式	HDEF　HSC MODE
激活高速计数器	HSC　N
脉冲输出	PLS　X

16. 比较指令

指令名称	字节比较	整数比较	双字整数比较	实数比较	字符串比较
指令格式	LDB = IN1, IN2	LDB < IN1, IN2	LDW > IN1, IN2	LDD < > IN1, IN2	LDS = IN1, IN2
	AB = IN1, IN2	AB < IN1, IN2	AW > IN1, IN2	AD < > IN1, IN2	AS = IN1, IN2
	OB = IN1, IN2	OB < IN1, IN2	OW > IN1, IN2	OD < > IN1, IN2	OS = IN1, IN2
	LAB < = IN1, IN2	LDW = IN1, IN2	LDW < IN1, IN2	LDD > IN1, IN2	LDS < > IN1, IN2
	AB < = IN1, IN2	AW = IN1, IN2	AW < IN1, IN2	AD > IN1, IN2	AS < > IN1, IN2
	OB < = IN1, IN2	OW = IN1, IN2	OW < IN1, IN2	OD > IN1, IN2	OS < > IN1, IN
	LDB > = IN1, IN2	LAW < = IN1, IN2	LDD = IN1, IN2	LDD < IN1, IN2	
	AB > = IN1, IN2	AW < = IN1, IN2	AD = IN1, IN2	AD < IN1, IN2	
	OB > = IN1, IN2	OW < = IN1, IN2	OD = IN1, IN2	OD < IN1, IN2	
	LDB < > IN1, IN2	LDW > = IN1, IN2	LAD < = IN1, IN2	LDR = IN1, IN2	
	AB < > IN1, IN2	AW > = IN1, IN2	AD < = IN1, IN2	AR = IN1, IN2	
	OB < > IN1, IN2	OW > = IN1, IN2	OD < = IN1, IN2	OR = IN1, IN2	
	LDB > IN1, IN2	LDW < > IN1, IN2	LDD > = IN1, IN2	LAR < = IN1, IN2	
	AB > IN1, IN2	AW < > IN1, IN2	AD > = IN1, IN2	AR < = IN1, IN2	
	OB > IN1, IN2	OW < > IN1, IN2	OD > = IN1, IN2	OR < = IN1, IN2	

17. 通信指令

指令名称	指令格式
网络读	NETR　TBL, PORT
网络写	NETW　TBL, PORT
发送	XMT　TBL, PORT
接收	RCV　TBL, PORT
读取端口地址	GPA　ADDR, PORT
设置端口地址	SPA　ADDR, PORT

附录 B　S7－200 特殊寄存器（SM）标志位

特殊寄存器标志位提供了大量的状态和控制功能，并且起到了 CPU 和用户程序之间交换信息的作用。特殊寄存器标志位以位、字、字节和双字方式使用。

1. SMB0

SMB0 有 8 个状态位，如表 B-1 所示。在每个扫描周期的末尾，由 S7－200 更新这些位。

表 B-1　特殊寄存器字节 SMB0（SM0.0～SM0.7）

SM 位	描　　述
SM0.0	CPU 运行时，该位始终为 1
SM0.1	该位在首次扫描时为 1
SM0.2	若数据丢失，则该位在一个扫描周期中为 1，可用做错误存储器位，或用来调用特殊启动顺序功能
SM0.3	开机后进入 RUN 方式，该位将接通一个扫描周期
SM0.4	该位提供一个周期为 1min，占空比为 50% 的时钟脉冲
SM0.5	该位提供一个周期为 1s，占空比为 50% 的时钟脉冲
SM0.6	该位为扫描时钟，本次扫描时置 1，下次扫描时置 0，可用做扫描计数器的输入
SM0.7	该位指示 CPU 工作方式开关的位置（0 为 TERM 位置，1 为 RUN 位置）。在 RUN 位置时，该位可使自由端口通信方式有效；在 TERM 位置时，可与编程设备正常通信

2. SMB1

SMB1 状态位包含了各种潜在的错误提示，如表 B-2 所示。这些位可由指令在执行时进行置位或复位。

表 B-2　特殊寄存器字节 SMB1（SM1.0～SM1.7）

SM 位	描　　述
SM1.0	零标志，当执行某些指令，其结果为 0 时，将该位置 1
SM1.1	错误标志，当执行某些指令的结果溢出或查处非法数据值时，将该位置 1
SM1.2	负数标志，当执行数学运算的结果为负数时，将该位置 1
SM1.3	试图除以 0 时，将该位置 1
SM1.4	当执行 ATT（Add TO Table）指令，试图超出表范围时，将该位置 1
SM1.5	当执行 LIFO 或 FIFO 指令，试图从空表中读数据时，将该位置 1
SM1.6	当试图把一个非 BCD 换为二进制数值时，将该位置 1
SM1.7	当 ASCII 码不能转换为有效数字的十六进制数时，将该位置 1

3. SMB2

SMB2 为自由端口接收字符缓冲区，如表 B-3 所示。接收到的每一个字符都放在这里，便于梯形图程序的存取。

表 B-3　特殊寄存器字节 SMB2

SM 位	描　　述
SMB2	在自由端口通信方式下，该字符存储从端口 0 或端口 1 接收到的每一个字符

4. SMB3

SMB3 用于自由端口通信方式，当接收到的字符发现有奇偶校验错时，将 SM3.0 置 1，

如表 B-4所示。

表 B-4　特殊寄存器字节 SMB3（SM3.0～SM3.7）

SM 位	描　述
SM3.0	端口 0 或端口 1 的奇偶校验错（0＝无错；1＝有错）
SM3.1～SM3.7	保留

5. SMB4

SMB4 包含中断队列溢出位、中断是否允许标志位及发送空闲位，如表 B-5 所示。队列溢出表明要么是中断发生的频率高于 CPU，要么是中断已经被全局中断禁止指令所禁止。

表 B-5　特殊寄存器字节 SMB4（SM4.0～SM4.7）

SM 位	描　述	备　注
SM4.0	当通信中断队列溢出时，将该位置 1	只有在中断程序里，才能使用状态位 SM4.0、SM4.1、SM4.2。当队列为空时，将这些位复位（置0），并返回主程序
SM4.1	当输入中断队列溢出时，将该位置 1	
SM4.2	当定时中断队列溢出时，将该位置 1	
SM4.3	在运行时刻，发现编程问题时，将该位置 1	
SM4.4	该位为指示全局中断允许位，当允许中断时，将该位置 1	
SM4.5	当端口 0 发送空闲时，将该位置 1	
SM4.6	当端口 1 发送空闲时，将该位置 1	
SM4.7	当发生强置时，将该位置 1	

6. SMB5

SMB5 包含 I/O 系统里发现的错误状态位，如表 B-6 所示。

表 B-6　特殊寄存器字节 SMB5

SM 位	描　述
SM5.0	当有 I/O 错误时，将该位置 1
SM5.1	当 I/O 总线上连接了过多的数字量 I/O 点时，将该位置 1
SM5.2	当 I/O 总线上连接了过多的模拟量 I/O 点时，将该位置 1
SM5.3	当 I/O 总线上连接了过多的智能 I/O 模块时，将该位置 1
SM5.4～SM5.5	保留

7. SMB6

SMB6 为 CPU 识别（ID）寄存器，如表 B-7 所示。SM6.4～SM6.7 用于识别 CPU 的类型，SM6.0～SM6.3 保留，以备将来使用。

表 B-7　特殊寄存器字节 SMB6

SM 位	描　述
格式	MSB 7　LSB 0 x x x x r r r r CUP 识别寄存器
SM6.0～SM6.3	保留
SM6.4～SM6.7	XXXX＝0000＝CPU 222；XXXX＝0010＝CPU 224；XXXX＝0110＝CPU 221；XXXX＝1001＝CPU 226（XM）

8. SMB8～SMB21

SMB8～SMB21 为 I/O 模块识别和错误寄存器。SMB8～SMB21 是按照字节对形式为扩展

模块 0～6 而准备的。每对字节的偶数位字节为模块识别寄存器，奇数位字节为模块错误寄存器。前者标志着模块类型、I/O 类型、输入和输出点数；后者为对相应模块所测得的 I/O 错误提示，如表 B-8 所示。

表 B-8 特殊寄存器字节 SMB8～SMB21

SM 位	描 述	
格式	偶数字节：模块 ID 寄存器 MSB 7 … LSB 0 m t t a i i q q m：模块存在。0 = 有模块；1 = 无模块 tt：模块类型。00 = 非智能 I/O 模块；01 = 智能模块；10 和 11 保留 a：I/O 类型 00 = 开关量；1 = 模拟量 ii：输入。00 = 无输入；01 = 2AI 或 8DI；10 = 4AI 和 16DI；11 = 8AI 和 32DI qq：输出。00 = 无输出；01 = 2AQ 和 8DQ；10 = 4AQ 和 16DQ；11 = 8AQ 和 32DQ	奇数字节：模块错误寄存器 MSB 7 … LSB 0 c o o b r p f t c：配置错误。0 = 无错误；1 = 有错误 b：总线错误或检验错误。1 = 错误 r：超范围错误 p：无用户电源错误 f：熔断器错误 t：端子块松动错误
SMB8 SMB9	模块 0 识别（ID）寄存器 模块 0 错误寄存器	
SMB10 SMB11	模块 1 识别（ID）寄存器 模块 1 错误寄存器	
SMB12 SMB13	模块 2 识别（ID）寄存器 模块 2 错误寄存器	
SMB14 SMB15	模块 3 识别（ID）寄存器 模块 3 错误寄存器	
SMB16 SMB17	模块 4 识别（ID）寄存器 模块 4 错误寄存器	
SMB18 SMB19	模块 5 识别（ID）寄存器 模块 5 错误寄存器	
SMB20 SMB21	模块 6 识别（ID）寄存器 模块 6 错误寄存器	

9. SMW22/SMW24 和 SMW26

SMW22/SMW24 和 SMW26 用于提供扫描时间信息，如表 B-9 所示。

表 B-9 特殊寄存器字节 SMW22/SMW24 和 SMW26

SM 位	描 述
SMW22	上次扫描时间
SMW24	进入 RUN 方式后，所记录的最短扫描时间
SMW26	进入 RUN 方式后，所记录的最长扫描时间

10. SMB28 和 SMB29

SMB28 和 SMB29 为模拟电位器，SMB28 包含模拟电位器 0 位置的数字值，SMB29 包含模拟电位器 1 位置的数字值，如表 B-10 所示。

表 B-10　特殊寄存器字节 SMB28 和 SMB29

SM 位	描　　述
SMB28	存储模拟电位器 0 的输入数值，在 STOP/RUN 方式下，每次扫描时更新该值
SMB29	存储模拟电位器 1 的输入数值，在 STOP/RUN 方式下，每次扫描时更新该值

11. SMB30 和 SMB130

SMB30 和 SMB130 为自由端口控制寄存器。SMB30 控制自由端口 0 的通信方式，SMB130 控制自由端口 1 的通信方式。可以对它们进行读和写，如表 B-11 所示。

表 B-11　特殊寄存器字节 SMB30 和 SMB130

端口 0	端口 1	描　　述
SMB30 格式	SMB130 格式	自由端口模式控制字节 MSB　　LSB 7　　0 p p d b b b m m
SM30. 0 和 SM30. 1	SM130. 0 和 SM130. 1	mm：协议选择。00 = 点到点接口协议（PPI/从站模式）；01 = 自由端口协议； 10 = PPI/主站模式；11 = 保留（默认 PPI/从站模式） 注意：当选择 MM = 10 时，PLC 将成为网络的一个主站，可以执行 NETR 和 NETW 指令。在 PPI 模式下忽略 2 ~ 7 位
SM30. 2 ~ SM30. 4	SM130. 2 ~ SM130. 4	bbb：自由端口传输速率。000 = 38 400bps；001 = 19 200bps；010 = 9 600bps； 011 = 4 800bps；100 = 2 400bps；101 = 1 200bps；110 = 115 200bps；111 = 57 600bps
SM30. 5	SM130. 5	d：每个字符的数据位。0 = 8 位/字符；1 = 7 位/字符
SM30. 6 和 SM30. 7	SM130. 6 和 SM130. 7	pp：检验选择。00 = 不校验；01 = 偶校验；10 = 不校验；11 = 奇校验

12. SMB31 和 SMW32

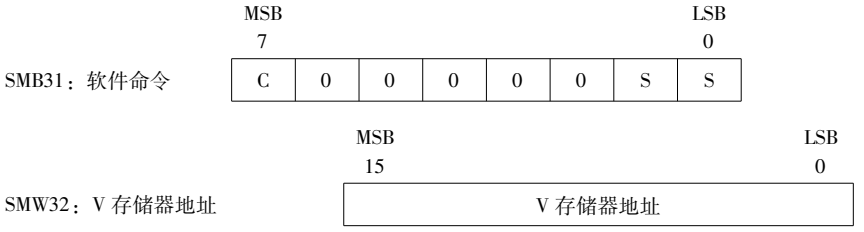
SMB31 和 SMW32 为永久存储器（EEPROM）写控制。

在用户程序的控制下，可以把 V 存储器中的数据存入永久存储器。先把被存数据的地址存入特殊存储器字 SMW32 中，然后把存入命令存入特殊存储器字节 SMB31 中。一旦发出存储命令，直到 CPU 完成存储操作 SM31. 7 被置 0 之前，是不可以改变 V 存储器的值的。在每次扫描周期末尾，CPU 会检查是否有向永久存储器区中存数据的命令。如果有，则将该数据存入永久存储器中。

SMB31 定义了存入永久存储器的数据的大小，且提供了初始化存储操作的命令。

SMW32 提供了被存数据在 V 存储器中的起始地址，如表 B-12 所示。

表 B-12 特殊寄存器字节 SMB31 和特殊寄存器字 SMW32

SM 位	描　　述
格式	
SM31.0 和 SM31.1	SS：被存数据类型。00 = 字节；10 = 字；01 = 字节；11 = 双字
SM31.7	C：存入永久存储器。0 = 无执行存储器操作请求；1 = 用户程序申请向永久存储器存储数据。每次存储操作完成后，S7－200 复位该位
SMW32	SMW32 中是所存数据的 V 存储器地址，该值是相对于 V0 的偏移量。当执行存储命令时，会把该数据存到永久存储器中相应的位置中

13. SMB34 和 SMB35

SMB34 和 SMB35 是定时中断 0 和 1 的时间间隔寄存器，可以在 1～255ms 之间以 1ms 为增量进行设定，如表 B-13 所示。若定时中断事件被中断程序所采用，当 CPU 响应中断时，就会获取该时间间隔值。若要改变时间间隔，就必须把定时中断事件再分配给同一个或另一个中断程序，也可以通过该事件来终止定时中断事件。

表 B-13 特殊寄存器字节 SMB34 和 SMB35

SM 位	描　　述
SMB34	定义定时中断 0 的时间间隔（1～255ms）
SMB35	定义定时中断 1 的时间间隔（1～255ms）

14. SMB36～SMB65

SMB36～SMB65 用于监视和控制高速计数 HSC0、HSC1 和 HSC2 的操作，如表 B-14 所示。

表 B-14 特殊寄存器字节 SMB36～SMB65

SM 位	描　　述
SM36.0～SM36.4	保留
SM36.5	HSC0 当前计数方向位：1 = 增计数
SM36.6	HSC0 当前值等于预置值位：1 = 等于
SM36.7	HSC0 当前值大于预置值位：1 = 大于

续表

SM 位	描　　述
SM37.0	复位的有效控制位：0＝高电平复位有效；1＝低电平复位有效
SM37.1	保留
SM37.2	正交计数器的计数速率选择：0＝4×计数速率；1＝1×计数速率
SM37.3	HSC0 方向控制位：1＝增计数
SM37.4	HSC0 更新方向：1＝更新方向
SM37.5	HSC0 更新预置值：1＝向 HSC0 写新的预置值
SM37.6	HSC0 更新当前值：1＝向 HSC0 写新的初始值
SM37.7	HSC0 有效位：1＝有效
SMD38	HSC0 新的初始值
SMD42	HSC0 新的预置值
SM46.0～SM46.4	保留
SM46.5	HSC1 当前计数方向位：1＝增计数
SM46.6	HSC1 当前值等于预置值位：1＝等于
SM46.7	HSC1 当前值大于预置值位：1＝大于
SM47.0	HSC1 复位有效控制位：0＝高电平；1＝低电平
SM47.1	HSC1 启动有效控制位：0＝高电平；1＝低电平
SM47.2	HSC1 正交计数器速率选择：0＝4×计数速率；1＝1×计数速率
SM47.3	HSC1 方向控制位：1＝增计数
SM47.4	HSC1 更新方向：1＝更新方向
SM47.5	HSC1 更新预置值：1＝向 HSC1 写新的预置值
SM47.6	HSC1 更新当前值：1＝向 HSC1 写新的初始值
SM47.7	HSC1 有效位：1＝有效
SMD48	HSC1 新的初始值
SMD52	HSC1 新的预置值
SM56.0～SM56.4	保留
SM56.5	HSC2 当前计数方向位：1＝增计数
SM56.6	HSC2 当前值等于预置值位：1＝等于
SM56.7	HSC2 当前值大于预置值位：1＝大于
SM57.0	HSC2 复位有效控制位：0＝高电平；1＝低电平
SM57.1	HSC2 启动有效控制位：0＝高电平；1＝低电平
SM57.2	HSC2 正交计数器速率选择：0＝4×计数速率；1＝1×计数速率
SM57.3	HSC2 方向控制位：1＝增计数
SM57.4	HSC2 更新方向：1＝更新方向
SM57.5	HSC2 更新预置值：1＝向 HSC2 写新的预置值
SM57.6	HSC2 更新当前值：1＝向 HSC2 写新的初始值
SM57.7	HSC2 有效位：1＝有效
SMD58	HSC2 新的初始值
SMD62	HSC2 新的预置值

15. SMB66～SMB85

SMB66～SMB85 用于监视和控制脉冲串输出（PTO）和脉宽调制（PWM）功能，如表 B-15所示。

表 B-15 特殊寄存器字节 SMB66～SMB85

SM 位	描 述
SM66.0～SM66.3	保留
SM66.4	PTO0 包络终止：0＝无错；1＝由于增量计算错误而终止
SM66.5	PTO0 包络终止：0＝不由用户命令终止；1＝由用户命令终止
SM66.6	PTO0 管道溢出：0＝无溢出；1＝有溢出
SM66.7	PTO0 空闲位：0＝PTO 忙点；1＝PTO 空闲
SM67.0	PTO0/ PWM 0 更新周期：1＝写新的周期值
SM67.1	PWM0 更新脉冲宽度周期值：1＝写新的脉冲宽度
SM67.2	PTO0 更新脉冲量：1＝写新的脉冲量
SM67.3	PTO0/ PWM0 基准时间单元：0＝1μs；1＝1ms
SM67.4	同步更新 PWM0：0＝异步更新；1＝同步更新
SM67.5	PTO0 操作：0＝单段操作；1＝多段操作
SM67.6	PTO0/ PWM0 模式选择：0＝PTO；1＝PWM
SM67.7	PTO0/ PWM0 有效位：1＝有效
SMD68	PTO0/ PWM0 周期（2～65 535 个时间基准）
SMW70	PWM0 脉冲宽度值（0～65 535 个时间基准）
SMD72	PTO0 脉冲计数值
SM76.0～SM76.3	保留
SM76.4	PTO1 包络终止：0＝无错；1＝由于增量计算错误而终止
SM76.5	PTO1 包络终止：0＝不由用户命令终止；1＝由用户命令终止
SM76.6	PTO1 管道溢出：0＝无溢出；1＝有溢出
SM76.7	PTO1 空闲位：0＝PTO 忙点；1＝PTO 空闲
SM77.0	PTO1/ PWM1 更新周期：1＝写新的周期值
SM77.1	PWM1 更新脉冲宽度周期值：1＝写新的脉冲宽度
SM77.2	PTO1 更新脉冲量：1＝写新的脉冲量
SM77.3	PTO1/ PWM1 基准时间单元：0＝1μs；1＝1ms
SM77.4	同步更新 PWM1：0＝异步更新；1＝同步更新
SM77.5	PTO1 操作：0＝单段操作；1＝多段操作
SM77.6	PTO1/ PWM1 模式选择：0＝PTO；1＝PWM
SM77.7	PTO1/ PWM1 有效位：1＝有效
SMD78	PTO1/ PWM1 周期（2～65 535 个时间基准）
SMD52	PWM1 脉冲宽度值（0～65 535 个时间基准）
SMD82	PTO1 脉冲计数值

16. SMB86～SMB94 和 SMB186～SMB194

这些寄存器字节主要用于控制和读出接受信息指令的状态，如表 B-16 所示。

表 B-16　特殊寄存器字节 SMB86～SMB94 和 SMB186～SMB194

<table>
<tr><th>端口 0</th><th>端口 1</th><th>描　　述</th></tr>
<tr><td>SMB86</td><td>SMB186</td><td>接收信息状态字节
MSB 7　　LSB 0
n | r | e | 0 | 0 | t | c | p
n：1 = 接收用户的禁止命令终止接收信息
r：1 = 接收信息终止（输入参数错误或无起始或结束条件）
e：1 = 收到结束字符
t：1 = 接收信息终止（超时）
c：1 = 接收信息终止（超出最大字符数）
p：1 = 接收信息终止（奇偶校验错误）</td></tr>
<tr><td>SMB87</td><td>SMB187</td><td>接收信息控制字节</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>MSB 7　　LSB 0
en | sc | ec | il | c/m | tmr | bk | 0
en：0 = 禁止接收信息功能；1 = 允许接收信息功能
sc：0 = 忽略 SMB88 和 SMB188；1 = 使用 SMB88 和 SMB188 的值检测起始信息
ec：0 = 忽略 SMB89 和 SMB189；1 = 使用 SMB89 和 SMB189 的值检测结束信息
il：0 = 忽略 SMW90 和 SMW190；1 = 使用 SMW90 和 SMW190 的值检测空闲状态
c/m：0 = 定时器是内部字符定时器；1 = 定时器是信息定时器
tmr：0 = 忽略 SMW92 和 SMW192；1 = 使用 SMW92 和 SMW192 中的定时时间超出时终止接收
bk：0 = 忽略中断条件；1 = 用中断条件作为信息检测的开始</td></tr>
<tr><td>SMB88</td><td>SMB188</td><td>信息字符的开始</td></tr>
<tr><td>SMB89</td><td>SMB189</td><td>信息字符的结束</td></tr>
<tr><td>SMW90</td><td>SMW190</td><td>空闲行时间间隔用毫秒给出。在空闲行时间结束后接收的第一个字符是新信息的开始</td></tr>
<tr><td>SMW92</td><td>SMW192</td><td>字符间/信息间定时器超时值。如果超过时间，就停止接收信息</td></tr>
<tr><td>SMB94</td><td>SMB194</td><td>接收字符的最大数（1～255 字节）</td></tr>
</table>

17. SMW98

SMW98 给出了有关扩展 I/O 总线的错误数的信息，如表 B-17 所示。

表 B-17　特殊寄存器字 SMW98

SM 位	描　　述
SMW98	当扩展总线出现校验错误时，该处每次增加 1。当系统得电时或用户程序写入零，可以进行清零

18. SMB131～SMB165

SMB131～SMB165 用于监视和控制高速计数器 HSC3、HSC4 和 HSC5 的操作，如表 B-18所示。

表 B－18 特殊寄存器 SMB131～SMB165

SM 位	描 述
SMB131～SMB135	保留
SM136.0～SM136.4	保留
SM136.5 SM136.6 SM136.7	HSC3 当前计数方向位：1＝增计数 HSC3 当前值等于预置值位：1＝等于 HSC3 当前值大于预置值位：1＝大于
SM137.0～SM137.2 SM137.3 SM137.4 SM137.5 SM137.6 SM137.7	保留 HSC3 方向控制位：1＝增计数 HSC3 更新方向：1＝更新方向 HSC3 更新预置值：1＝向 HSC3 写新的预置值 HSC3 更新当前值：1＝向 HSC3 写新的初始值 HSC3 有效位：1＝有效
SMD138	HSC3 新的初始值
SMD142	HSC3 新的预置值
SM146.0～SM146.4 SM146.5 SM146.6 SM146.7 SM147.0 SM147.1 SM147.2 SM147.3 SM147.4 SM147.5 SM147.6 SM147.7	保留 HSC4 当前计数方向位：1＝增计数 HSC4 当前值等于预置值位：1＝等于 HSC4 当前值大于预置值位：1＝大于 HSC4 复位有效控制位：0＝高电平；1＝低电平 保留 HSC4 正交计数器速率选择：0＝4×计数速率；1＝1×计数速率 HSC4 方向控制位：1＝增计数 HSC4 更新方向：1＝更新方向 HSC4 更新预置值：1＝向 HSC4 写新的预置值 HSC4 更新当前值：1＝向 HSC4 写新的初始值 HSC4 有效位：1＝有效
SMD148	HSC4 新的初始值
SMD152	HSC4 新的预置值
SM156.0～SM156.4 SM156.5 SM156.6 SM156.7 SM157.0～SM157.2 SM157.3 SM157.4 SM157.5 SM157.6 SM157.7	保留 HSC5 当前计数方向位：1＝增计数 HSC5 当前值等于预置值位：1＝等于 HSC5 当前值大于预置值位：1＝大于 保留 HSC5 方向控制位：1＝增计数 HSC5 更新方向：1＝更新方向 HSC5 更新预置值：1＝向 HSC5 写新的预置值 HSC5 更新当前值：1＝向 HSC5 写新的初始值 HSC5 有效位：1＝有效
SMD158	HSC5 新的初始值
SMD162	HSC5 新的预置值

19. SMB166～SMB185

SMB166～SMB185 用来显示包络步的数量、包络表的地址和 V 存储器区中包络表的地

址，如表 B-19 所示。

表 B-19　特殊寄存器字节 SMB166～SMB185

SM 位	描　　述
SMB166	PTO0 包络步的当前计数值
SMB167	保留
SMW168	PTO0 的包络表的 V 存储器地址（从 V0 的偏移量）
SMB170	线性 PTO0 的状态字节
SMB171	线性 PTO0 的结果字节
SMD172	指定线性 PTO0 发生器工作在手动模式时产生的频率。频率是一个以 Hz 为单位的双整数型值。SMB172 是 MSB，而 SMB175 是 LSB
SMB176	PTO1 包络步的当前计数值
SMB177	保留
SMW178	PTO1 包络表的 V 存储器地址
SMB180	线性 PTO1 的状态字节
SMB181	线性 PTO1 的结果字节
SMD82	指定线性 PTO1 发生器工作在手动模式时产生的频率。频率是一个以 Hz 为单位的双整数型值。SMB182 是 MSB，而 SMB187 是 LSB

附录 C　错误代码信息

1. 致命错误代码和信息

致命错误会导致 CPU 停止执行用户程序，可在主菜单中使用菜单命令“plc” – “Information”查看错误代码。表 C-1 列出了 S7 – 200 上的致命错误代码及其描述。

表 C-1　致命错误代码及其描述

错误代码	描　　述
0000	无致命错误
0001	用户程序校验和错误
0002	编译后的梯形图程序校验和错误
0003	扫描看门狗超时错误
0004	永久存储器失效
0005	永久存储器上用户程序校验和错误
0006	永久存储器上配置参数（SDB0）校验和错误
0007	永久存储器上强制数据校验和错误
0008	永久存储器上默认输出表值校验和错误
0009	永久存储器上用户数据 DB1 校验和错误
000A	存储器卡失灵
000B	存储器卡上用户程序校验和错误
000C	存储卡配置参数（SDB0）校验和错误
000D	存储器卡强制数据校验和错误
000E	存储器卡默认输出表值校验和错误
000F	存储器卡用户数据 DB1 校验和错误
0010	内部软件错误
0011	比较接点间接寻址错误（比较接点错误是唯一的一种既能产生致命错误又能产生非致命错误的错误。产生非致命错误是因为存储了错误的程序地址）
0012	比较接点非法浮点值
0013	程序不能被该 S7 – 200 理解
0014	比较接点范围错误

2. 运行程序错误

在程序的正常运行中，可能会产生非致命错误（如寻址错误）。在这种情况下，CPU 会产生一个非致命运行时刻错误代码。表 C-2 列出了这些非致命错误代码及其描述。

表 C-2　非致命错误代码及其描述

错误代码	描　　述
0000	无致命错误
0001	执行 HDEF 之前，HSC 已使能
0002	输入中断分配冲突，已分配给 HSC
0003	到 HSC 的输入分配冲突，已分配给输入中断或其他 HSC
0004	试图执行在中断子程序中不允许的指令
0005	第一个 HSC/PLS 未执行完之前，又企图执行同编号的第二个 HSC/PLS（中断程序中的 HSC 同主程序中的 HSC/PLS 冲突）
0006	间接寻址错误
0007	TODW（写实时时钟）或 TODR（读实时时钟）数据错误
0008	用户子程序嵌套层数超过规定
0009	在程序执行 XMT 或 RCV 时，通信口 0 又执行另一条 XMT/RCV 指令
000A	在同一 HSC 执行时，又企图用 HDEF 指令再定义该 HSC
000B	在通信端口 1 上同时执行数条 XMT/RCV 指令
000C	时钟存储卡不存在
000D	试图重新定义正在使用的脉冲输出
000E	PTO 个数设为 0
000F	比较触点指令中的非法数字值
0010	在当前 PTO 操作模式中，命令不允许
0011	非法 PTO 命令代码
0012	非法 PTO 包络表
0013	非法 PID 回路参数表
0091	范围错误（带地址信息）：检查操作数范围
0092	某条指令的计数域错误（带计数信息）：确认最大计数范围
0094	范围错误（带地址信息）：写无效存储器
009A	用户中断程序试图转换成自由端口模式
009B	非法指针（字符串操作中起始位置值指定为 0）
009F	无存储卡或存储卡无响应

3. 编译规则错误

当你下载一个程序时，CPU 将编译该程序。如果 CPU 发现程序违反编译规则（如非法指令），CPU 就会停止下载程序，并生成一个非致命编译规则错误代码。表 C-3 列出了违反编译规则所生成的这些错误代码及其描述。

表 C-3　违反编译规则的错误代码及其描述

错误代码	描　　述
0080	程序太大无法编译：必须缩短程序
0081	堆栈溢出：把一个程序段分成多个

续表

错误代码	描　　述
0082	非法指令：检查指令助记符
0083	无 MEND 或主程序中有不允许的指令：加条 MEND 或删除不正确的指令
0084	保留
0085	无 FOR 指令：加上 FOR 指令或删除 NEXT 指令
0086	无 NEXT：加条 NEXT 指令，或删除 FOR 指令
0087	无标号（LBL、INT、SBR）：加上合适标号
0088	无 RET 或子程序中有不允许的指令：加条 RET 或删除不正确指令
0009	无 RETI 或中断程序中有不允许的指令：加条 RETI 或删除不正确指令
008A	保留
008B	从/向一个 SCR 段的非法跳转
008C	标号重复（LBL、INT、SBR）：重新命名标号
008D	非法标号（LBL、INT、SBR）：确保标号数在允许范围内
0090	非法参数：确认指令所允许的参数
0091	范围错误（带地址信息）：检查操作数范围
0092	指令计数域错误（带计数信息）：确认最大计数范围
0093	FOR/NEXT 嵌套层数超出范围
0095	无 LSCR 指令（装载 SCR）
0096	无 SCRE 指令（SCR 结束）或 SCRE 前面有不允许的指令
0097	用户程序包含非数字编码的和数字编码的 EV/ED 指令
0098	在运行模式进行非法编辑（试图编辑非数字编码的 EV/ED 指令）
0099	隐含程序段太多（HIDE 指令）
009B	非法指针（字符串操作中起始位置值指定为 0）
009C	超出最大指令长度
009D	SDB0 中检测到非法参数
009E	PCALL 字符串太多
009F—00FF	保留

参 考 文 献

[1] 廖常初. S7－200PLC 基础教程（第 2 版）. 北京：机械工业出版社，2009.

[2] 郑凤翼，金沙. 图解西门子 S7－200 系列 PLC 应用 88 例. 北京：电子工业出版社，2009.

[3] 李辉，肖宝兴，李宏伟. S7－200 PLC 编程原理与工程实训. 北京：航空航天大学出版社，2008.

[4] 杨后川，等. 西门子 S7－200 PLC 应用 100 例. 北京：电子工业出版社，2009.

[5] 吴作明. PLC 开发与应用实例详解. 北京：航空航天大学出版社，2007.

[6] 张运刚，等. 从入门到精通——西门子 S7－200 PLC 技术与应用. 北京：北京人民邮电出版社，2007.

[7] 巢文元. PLC 操作技能. 北京：中国劳动社会保障出版社，2006.